**Anno XLVII**
**N°1 Aprile 1998**

da pag. 3 a pag. 54

**RIVISTA QUADRIMESTRALE A CURA DELLA RAI**

**Direttore responsabile**
Gianfranco Barbieri

**Comitato direttivo**
Maurizio Ardito, Renato Capra, Mario Cominetti, Paolo D'Amato

**Redazione**
Renato Capra, Gemma Bonino

**Centro Ricerche Rai**
Corso Giambone, 68 - 10135 Torino, Tel.(011)8800 (int.3132)

**Gestione prodotto**
Rai Editoria Periodica e Libraria
Viale Mazzini,14 00195 Roma

**Distribuzione in edicola**
SODIP "Angelo Patuzzi" S.p.A.
via Bettola 18 - 20092
Cinisello Balsamo, Milano
Tel. (02) 660301
Fax (02) 66030320

**Gestione abbonamenti e numeri arretrati**
Licosa Via Duca di Calabria, 1/1
50125 Firenze
Tel. 055/645415
Fax 055/641257

| | |
|---|---|
| Una copia | £ 10.000 |
| estero | £ 17.000 |
| Copia arretrata | £ 20.000 |
| estero | £ 27.000 |
| Abb. annuale | £ 30.000 |
| estero | £ 50.000 |

Versamenti Licosa - Firenze
**ccp.343509**

Spedizione in abb. postale 45%

Reg. alla cancelleria del tribunale c.p. di Torino al n.494 in data 6-11-1951



**Progetto grafico**
Franco De Vecchis

**Stampa**
Stamperia Artistica Nazionale (Torino)

# Indice

# Editoriale

Con il primo numero del 1998 la rivista si presenta rinnovata nella sua veste grafica. Il Comitato Direttivo intende intensificare lo sforzo editoriale teso a rendere i contenuti della rivista sempre più in linea con la vertiginosa evoluzione che sta investendo il mondo della comunicazione e che nei prossimi anni avrà un impatto dirompente sul nostro modo di fornire dei servizi.

Alla base della rivoluzione digitale e multimediale, vi è la tecnologia e la straordinaria accelerazione del suo sviluppo sotto la crescente spinta del mercato. La portata della rivoluzione in atto è tale da determinare un momento di discontinuità con i modelli del passato.

Le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione sono più pervasive e trasversali di ogni altra tecnologia. Incidono sull'organizzazione dei processi produttivi e dei servizi, consentono di rinnovare ed arricchire i vecchi prodotti e di offrirli sul mercato completamente rinnovati.

In questo mondo sempre più integrato, non sarà possibile gestire la crescente complessità derivante dalla globalizzazione dei mercati senza una capillare diffusione di tecnologie informatiche che, in misura via via crescente, si rivelano essere strumento di diffusione delle conoscenze e di dialogo tra le culture.

La nostra rivista intende restare fedele alla sua tradizione di approfondimento dei fattori tecnologici, senza tuttavia perdere di vista le implicazioni che l'evoluzione tecnologica può avere sul tessuto socio-economico e la possibilità che la scienza dell'informazione contribuisca a capire meglio la realtà che ci circonda.

In questo spirito, abbiamo voluto cogliere l'occasione di un evento, l'Ostensione della Sindone, per dedicare un numero speciale alla raccolta, la più completa possibile, degli studi effettuati sullo storico sudario.

Miracolosamente scampata all'incendio che l'anno scorso ha devastato la stupenda Cappella del Guarini nel Duomo di Torino, dove era conservata, la Sindone coinvolge innanzi tutto la Fede piuttosto che la verità tecnico-scientifica.

La massa di visitatori che si è riversata a Torino non può però essere solo di fedeli, a testimonianza di un crescente interesse, interesse che da sempre, ma particolarmente nell'ultimo secolo, ha spinto gli uomini di scienza a cercare le chiavi di lettura di questa icona. Proprio cento anni fa, grazie alla già sofisticata tecnica fotografica, emergeva con evidenza dai negativi dell'avvocato Secondo Pia, l'immagine sia frontale sia dorsale, di un uomo, di un uomo a cui erano state inferte numerose ferite, alla fronte, alla nuca, al costato, al polso sinistro e ai piedi.

L'immagine originale della Sindone contiene in sé un'informazione codificata che è stata trasmessa nei secoli per giungere fino a noi, affrontando una serie incredibile di vicissitudini che possiamo assimilare al 'rumore'; segnale e rumore si sommano, costituendo nel loro insieme un 'messaggio' che deve trasferire conoscenza ai destinatari.

Le ricerche interdisciplinari, con il loro rigore scientifico, cercano di rilevare tutti i possibili particolari significativi per decifrare i messaggi del telo e arrivare alla verità tecnico-scientifica.

Con questo numero, la nostra rivista esce dall'ambito ristretto all'elettronica e alle telecomunicazioni, per abbracciare il più ampio campo scientifico.

Crediamo ne valga la pena.

*Il Comitato Direttivo*

# Rapporto scientifico sulla Sindone

La Sindone di Torino è un lenzuolo di lino che mostra l'immagine frontale e dorsale del cadavere di un uomo flagellato e crocifisso; il telo, lungo 4.37 m e largo 1.11 m, tessuto a spina di pesce è battuto con telaio primitivo e con filato e tecnica irregolari.
Gli studi scientifici sulla Sindone tendono a far corrispondere, anche da un punto di vista probabilistico, l'uomo che ha lasciato l'impronta sul telo, con Gesù di Nazareth.
Tale tradizione trova riscontro nelle vicende storiche del telo, anche se la documentazione certa della Sindone di Torino comincia a essere senza lacune solo a partire dalla metà del XIV secolo. Per il periodo precedente tuttavia i risultati concordanti delle ricerche storiche, scientifiche, iconografiche e archeologiche permettono di ricostruire con soddisfacente attendibilità i movimenti del lenzuolo.
Durante l'ostensione del 1898 l'avvocato torinese Secondo Pia fu autorizzato a fotografarla: venne così rivelata la natura di negativo fotografico dell'immagine impressa sul telo. Questa scoperta diede un impulso agli studi sulla Sindone, coinvolgendo tutti i rami della scienza e della ricerca. Nell'articolo vengono descritti i risultati di tali ricerche interdisciplinari.
Le tracce impresse sulla Sindone sono di quattro tipi: segni di carbonizzazione, colature d'acqua, immagine in chiaroscuro di una figura umana e macchie di sangue.
Il lenzuolo, oltre a piccoli fori bruciacchiati, presenta due linee scure parallele longitudinali, intersecate da 22 rattoppi, grossolanamente triangolari, effettuati con evidente materiale diverso; questi rattoppi coprono i buchi causati dall'incendio scoppiato nel 1532, nella sacrestia della Cappella di Chambéry dov'era custodito. L'acqua usata per spegnere tale incendio ha lasciato sul telo aloni a forma di losanga.
Nella parte mediana longitudinale della tela è evidenziata la doppia impronta che appare in rilievo per effetto dei toni diversi della tinta bruno chiara; la tinta è più intensa per le parti sporgenti della figura (fronte, naso, mento, petto, ecc.) e meno intensa, fino a sfumare a zero in modo continuo, per le altre parti.
Su punti particolari (come: fronte, nuca, polso, piedi e costato destro) la forma e la tinta delle macchie sono diverse da quelle del resto del corpo: tendono al colore carminio e sono dovute a materiale ematico.
Gli studi e le ricerche scientifiche che da un secolo si interessano della Sindone hanno portato a dati certi che vengono trattati nell'articolo.
La Sindone non è un dipinto, e non può essere opera della mano dell'uomo, perché riporta immagini di carattere negativo già molti secoli prima della scoperta della fotografia (prima metà del XIX secolo).
L'impronta è stata impressa certamente da un cadavere che tuttavia non ha lasciato tracce di putrefazione; il corpo è rimasto pertanto avvolto nel lenzuolo per il tempo necessario alla formazione dell'immagine ma non troppo a lungo in quanto l'immagine stessa non ha subito l'effetto deleterio dovuto all'inizio della decomposizione del cadavere.
La trafittura delle mani non risulta in corrispondenza del palmo (dove un falsario non avrebbe mancato di raffigurarla in ossequio alla tradizione iconografica), ma a quella del polso; secondo gli anatomisti il polso è l'unico posto idoneo ad infiggere un chiodo allo scopo di appendere un corpo in quanto il tessuto de palmo non può sostenere il peso del corpo stesso.
Le mani presentano solo quattro dita; un falsario non avrebbe osato raffigurare così le mani del crocifisso e quasi certamente non sapeva che il pollice si flette bruscamente in conseguenza della trafittura del polso.
Il sangue, unitamente al siero, uscito dal costato è certamente sgorgato da una ferita prodotta dopo la morte dell'uomo della Sindone. Le analisi ematologiche hanno dimostrato con certezza che sulla Sindone vi sono tracce di sangue umano appartenente al gruppo AB.
Le analisi all'elaboratore elettronico hanno evidenziato che l'immagine della Sindone, a differenza delle pitture e anche delle comuni fotografie, contiene la terza dimensione, per cui è possibile ricavare dalla medesima immagini tridimensionali che hanno consentito di individuare particolari altrimenti non rilevabili. L'immagine con rilievo, sottoposta ad opportuni filtraggi, ha permesso di ottenere l'aspetto naturale dell'uomo della Sindone prima di subire il martirio.
Tecniche di riconoscimento di forme hanno evidenziato la presenza di particolari impronte sulla palpebra destra e sul sopracciglio sinistro che sono state messe in relazione con due monete, un lepton e un simpulum, coniate da Ponzio Pilato e datate 29-30 d.C. Un'ulteriore applicazione delle tecniche informatiche consiste in un confronto del volto dell'immagine della Sindone con alcune icone di Cristo che spaziano dal VI al XIII secolo.
Sul telo sindonico è stata scoperta una grossa varietà di pollini tipici delle regioni attraverso le quali, dal punto di vista storico, si suppone che la Sindone sia passata (Palestina, Turchia, Francia, Italia).
Nell'articolo vengono anche fornite le indicazioni sugli esperimenti di radiodatazione eseguiti su campioni della Sindone nel 1988. I risultati dei tre laboratori collocano il telo in epoca medioevale e cioè nel periodo compreso fra il 1260 e il 1390 d.C. Questi risultati costituiscono una sorta di sfida a coloro che pensano che tale datazione non sia corretta, poiché è in contrasto con l'insieme delle ricerche storiche, scientifiche e archeologiche sul telo. Occorre allora scoprire i motivi che hanno prodotto tale errore; ciò richiede un nutrito numero di ricerche interdisciplinari.

Summary

# Scientific report on the Holy Shroud


The Shroud of Turin is a large piece of linen which shows images of bearded and crucified man. The two view of the man are nearly joined at the head, as the man's body had been wrapped in the cloth lengthwise.The Shroud is 4.37 metres long and 1.11 metres wide (approximately 14.3 feet by 3.6 feet) and it was woven on a primitive loom and the technique is often irregular.
Scientific data from the study of the Shroud of Turin seem to make the man of the Shroud a "perfect fit" for Jesus of Nazareth, justified also by probabilistic approach.
Historical information before the thirteenth century, even though it is not copious, confirms the tradition of the conservation of Christ's burial robes. Although it is not possible to connect this documented information unequivocally with the Turin Shroud, these historical references do nevertheless integrate with the findings of the scientific research carried out on the Shroud.
During the exposition of 1898 a Turin lawyer, Secondo Pia, was authorized to photograph the Shroud: he revealed that the image on the cloth behaves like a naturally negative image.
This descover gave an entirely new direction to all scientific studies on the Shroud, including all branches of science and research, which are illustrated in this paper.
The traces imprinted on the Shroud are of four basic types: fire marks on thefabric, water stains, the chiaroscuro image of a human figure and bloodstains.
On the linen there are little singed holes in the cloth, with two dark parallel lines of scorches running along its entire length. These are intersected by twentynine roughly triangular patches of quite a different fabric which were sewn on later by the Poor Clare nuns of Chambéry. The patches cover the holes made by the fire that broke out in 1532 in the sacresty of the Sainte-Chapelle at Chambéry, where the Shroud was kept at that time. The water used to put out the fire has left lozenge-shaped stains. In the central part of the Shroud, between the fire marks, appear the impressions of the back and front of a full-size human figure. The image appears to be in relief through the effect of different shades of light brown. This means that the parts of the figure that would have been in closest contact with the cloth, such as the forehead, nose, chin and chest are deeper in colour. Other parts are less intense, fading away completely where the body would have been furthest from contact with the fabric. In particular places, such as the forehead, the nape of the neck, wrist, feet and right chest, the shape and colour of the stains are different from those of the rest of the body: these are due to blood material.
The studies and scientific research that have been carried out on the Shroud for a century have led to certain findings which are considered incontrovertible and are explained in details in this paper.
The Shroud is not a painting and it cannot be the work of human hand, as the image on the Shroud appears as a photographic negative to the unaided eye. It would have been impossible for any artist to reproduce a human figure in perfect photographic negative many centuries before the discovery of photography. The image must have been imprinted by a corpse that left no traces of decomposition. The body therefore remained wrapped in the Shroud long enough for the image to form, but not so long as to register any decomposition of the corpse (which would have a deleterious effect on the image). The hands were not pierced through the palms but through the wrists. Throughout art history the thousands of artists' representations of the crucifixion almost unfailingly show the nails driven through the palms, and a forger would have certainly done likewise. Anatomists point out, however, that the flesh of the palms could not possibly have supported the weight of a body on a cross. To suspend the weight of a human body the only suitable location would be to drive the nails through the bones of the wrists.
Only four fingers of each hand are visible on the Shroud. A forger would not have dared to portray the hands of Christ like this. Nor would he have known that the thumb automatically bends brusquely down when the wrist is pierced.
The blood and serum that flowed out of the chest wound came from an injury produced after the death of the man of the Shroud. Tests carried out on bloodstained threads from the Shroud have shown that there are traces of blood on the cloth, human and of the AB blood group.
Computer analyses reveal that the negative photograph of the Shroud produces a three-dimensional image. No paintings can produce the same effect, nor can ordinary photographs. The three dimensional face's image emphasizes details not visible in the bidimensional image; the image with releaf has been also smoothed in order to obtain a picture without wounds and blood of the Shroud's man. Using pattern recognition techniques the imprints of a coin on the right eye and one on the left elbow of the figure have been discovered. The description of the coin imprints fit the Pontius Pilate lepton and simpulum aged A.D. 29 - 30.
A comparision between the face of the Shroud obtained by numerical processing and some icons running from VI and XIII centuries has been also carried out by computer science approach.
A lot of varieties of pollens has been found out on the Shroud. The plants these pollens came from are typical of, and at times exclusive to, the regions through which the Shroud is historically supposed to have passed (Palestine, Turkey, France, Italy) .
In the paper is also reported that the Shroud of Turin was subjected to radiocarbon analysis in 1988. The interpretation of this measurement, performed by three radiocarbon dating laboratories, was that the calendar age of the Shroud was medieval with a chronological age of A.D. 1260-1390.
The radiocarbon dating of the Shroud is a challenging problem to resolve, particularly to those who think that the 1988 dating does not give the correct calendar age of the Shroud because of the many historical, scientifical and archaeological data with which it disagrees.
If, indeed, the radiocarbon date is incorrect for the case of the Shroud, then it is necessary to show precisely why this is so. This clearly will involve extensive laboratory and computational research.




# L'immagine fotografica


**Nello Balossino**

Professore associato, al Dipartimento di Informatica, dell'Università di Torino e Consigliere del Centro Internazionale di Sindonologia


Anno 1898: la tecnica fotografica raggiunge livelli di sofisticazione tali da farla assurgere a strumento indispensabile in tutte le discipline scientifiche e artistiche. All'elevato potere di descrizione e alla caratteristica di fedele riproduttore della realtà, si accompagnava la possibilità di indagare sui particolari con capacità discriminatorie molto più elevate di quelle dell'occhio umano.

In quell'anno l'avvocato Secondo Pia, presidente di un sodalizio di fotografi dilettanti, chiede e ottiene di eseguire la prima fotografia della Sindone, cioé del telo di lino grezzo tessuto a mano a spina di pesce, lungo 4,37 metri, largo in media 1,11 metri, dal peso di circa 1450 grammi e conservato a Torino dal 1578. La tradizione vuole che si tratti del lenzuolo funerario nel quale Gesù fu avvolto dopo la deposizione dalla croce.

Fig. 1 - Fotografia a colori della Sindone

Osservando l'immagine sindonica (Fig. 1), su cui predomina un colore giallo ocra chiaro, si è immediatamente colpiti da due linee scure parallele che percorrono il telo per tutta la lunghezza: sono macchie che all'aspetto sembrano bruciature e rappezzi. Nello spazio compreso tra le due strutture scure parallele, l'occhio scorge impronte molto tenui, vaghe e sfumate che, esaminate con maggior attenzione, richiamano l'aspetto frontale e dorsale di un uomo in grandezza naturale. Sono anche visibili, sul telo, macchie sparse di varie dimensioni e forme; alcune richiamano l'aspetto di sangue, altre sono a forma di losanghe limitate da orlature frastagliate, altre ancora sono evidenti segni di rappezzi.

Per tutta la lunghezza del telo del lato superiore, corre una striscia di tessuto, alta circa 8 centimetri, con struttura analoga alla parte principale del telo; entrambi i lati maggiore del tessuto presentano l'orlo, cioé la cosiddetta cimosa.

È storicamente documentato che le due linee parallele longitudinali sono tracce sia della carbonizzazione dovute all'incendio scoppiato nel 1532 nel palazzo ducale dei Savoia a Chambery, dove a quell'epoca la Sindone era conservata, sia delle rappezzature applicate dalle suore Clarisse nel 1954, per sostituire le parti di tessuto andate distrutte. Le macchie a losanga sono invece ragionevolmente dovute all'acqua adoperata per estinguere l'incendio.

Le macchie scure ad aspetto ematico, sottoposte ad indagini ematologiche, risultano essere di sangue.

Tradizionalmente la Sindone viene esposta con l'immagine anteriore a sinistra.

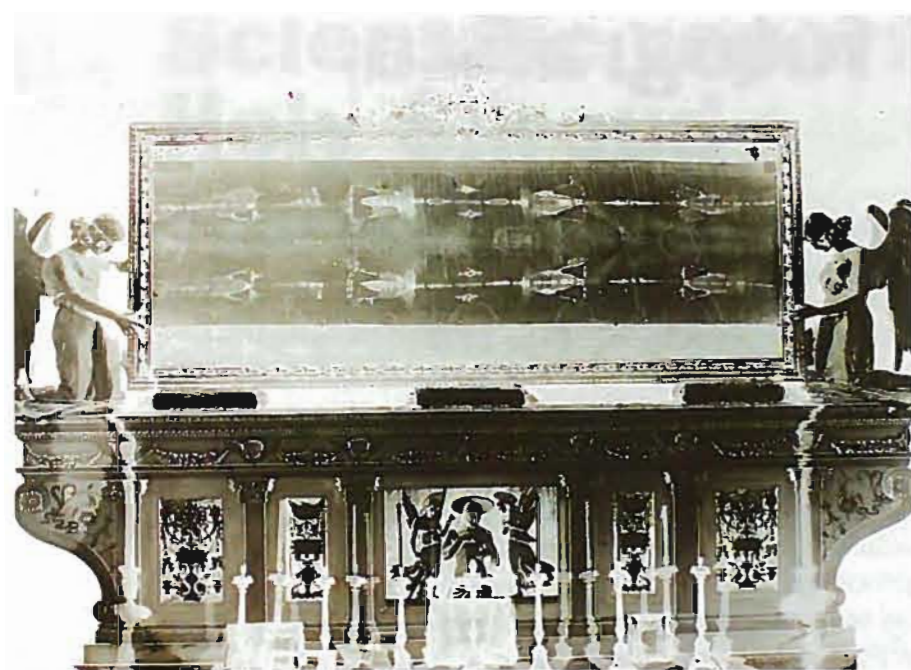



**Fig. 2 - Negativo fotografico di Pia**

Il 25 maggio 1898 Pia scatta una prima fotografia di prova su una lastra di 21 x 27 centimetri. Il suo stupore è enorme: sul negativo fotografico egli intravede infatti l'aspetto di un uomo come se lo osservasse nella realtà. La fotografia della Sindone aveva così rivelato l'immagine dell'uomo in essa rappresentato. Nello stesso giorno, Pia scatta un'altra fotografia aumentando il tempo di posa. Ottiene così conferma della sua scoperta: sul telo della Sindone è impressa l'immagine di una figura umana in negativo; su di essa infatti le impronte si comportano come un negativo fotografico cioé sono scure in corrispondenza a zone in rilievo della struttura umana e viceversa.

Il giorno 28 Pia realizza altre quattro fotografie, formato 50x60; il risultato è mirabile anche se le fotografie sono state riprese attraverso il vetro della cornice; per dovere di cronaca, questa era stata costruita erroneamente più corta di una quindicina di centimetri, per cui l'immagine fotografica di Pia manca di una parte dell'impronta (Fig. 2).

Sappiamo che fotografando un qualsiasi oggetto si ottiene sulla pellicola il "negativo fotografico" cioé un'immagine che presenta sia i chiaroscuri completamente invertiti, sia la trasposizione spaziale che scambia la parte destra con la sinistra e viceversa. Dal negativo si ottengono poi le copie fotografiche, cioé le fotografie, che riproducono l'oggetto nel suo aspetto originale. Osserviamo che il negativo fotografico presenta immagini che il nostro occhio non riesce a percepire con facilità perché sono completamente diverse dalla realtà alla quale siamo abituati; questa è infatti in positivo, per cui per esempio le parti in rilievo o illuminate sono chiare e quelle piatte o in ombra sono scure. Ecco quindi che le guance di un volto ci appaiono e le immaginiamo chiare, mentre le sopracciglia sono scure. Il passaggio dal negativo fotografico alla fotografia, inverte poi sia l'intensità luminosa sia la posizione, facendo apparire la scena come a una osservazione diretta. L'inversione di posizione spaziale presente nel negativo fotografico è identica a quella delle immagini riflesse dallo specchio: se alziamo la mano destra, specchiandoci, sembra che la nostra immagine alzi la sinistra e viceversa. Un soggetto che nella realtà guardi per esempio alla sua destra, sul negativo fotografico apparirà invece rivolto a sinistra.

Da quanto detto appare evidente come sia difficile la lettura dell'immagine sindonica, quando la si osservi nella realtà o su una fotografia i particolari diventano facilmente leggibili invece sul negativo fotografico.

Dopo quelle di Pia le successive fotografie della Sindone sono state realizzate dal Cav. Giuseppe Enrie, in occasione dell'ostensione del 1931. La figura 3 riporta il positivo e il negativo fotografico di Enrie; sul negativo fotografico è evidente la figura positiva di un uomo come se lo vedessimo di fronte a noi: ciò sta ad avvalorare il fatto che l'immagine sindonica è un'impronta negativa.

Notiamo che sul negativo il telo non appare più bianco ma è scuro; su di esso spiccano in bianco le due linee parallele e le macchie dovute all'incendio, mentre i rappezzi triangolari sono di colore scuro. Fra le due linee si intravede la figura di un uomo nella parte frontale e in quella dorsale; queste immagini, che sono immediatamente intellegibili ed evidenti nella loro rappresentazione estetica, raffigurano le parti in rilievo del corpo rispetto al telo che svolge la funzione di supporto per l'immagine; ecco quindi che la fronte, la piramide nasale, i glutei, le spalle hanno tonalità chiara che degrada verso lo scuro avvicinandosi al piano secante.

Osserviamo che nel negativo fotografico del telo che presenta l'aspetto reale dell'uomo, le macchie ad aspetto di ferite appaiono chiare in contrapposizione all'immagine originale in cui sono in positivo e cioé scure. Macchie ematiche sono scure per natura per cui, per esempio, la ferita al polso sinistro e quella della pianta del piede destro appaiono chiare perché sono il negativo dell'immagine originale.

Le figure 4 e 5 riportano rispettivamente il positivo e il negativo fotografico del particolare del volto ottenute da Enrie.

Guardando l'immagine positiva del volto appare in modo evidente sulla parte sinistra della fronte una macchia a forma di '3' rovesciato con tonalità scura; questa diventa chiara, a forma di '3' e sulla parte destra della fronte nel negativo fotografico.

Il positivo fotografico permette di intravedere i lineamenti di un volto, ma non li rende intellegibili; nel negativo fotografico invece diventa chiara la lettura della figura di un volto umano e se ne può valutare l'aspetto estetico.

Le considerazioni sul comportamento del

**Fig. 3 - Positivo e negativo fotografico della Sindone scattata da Enrie nel 1931**

**Fig. 4 - Immagine positiva del volto**

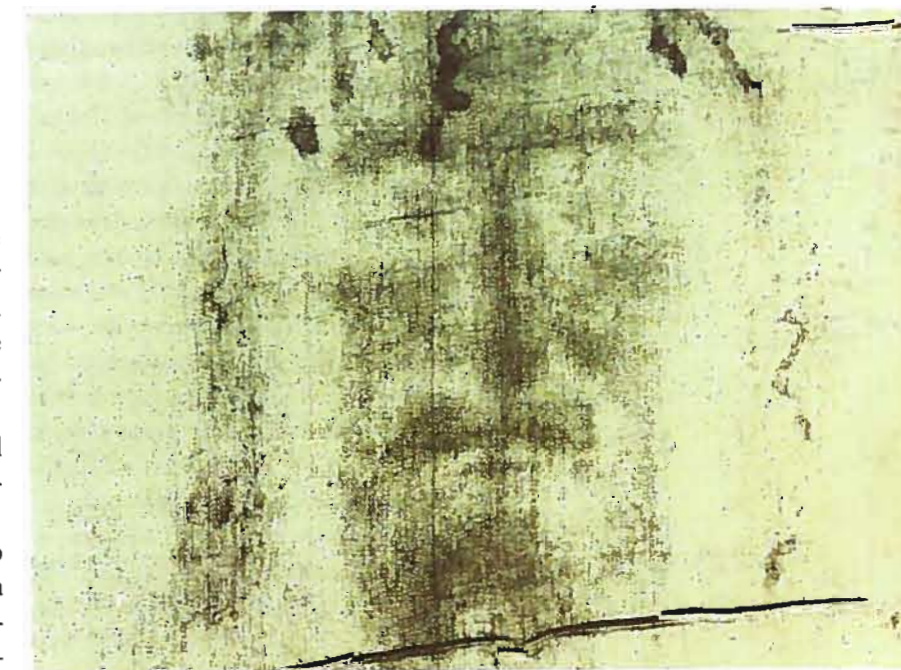
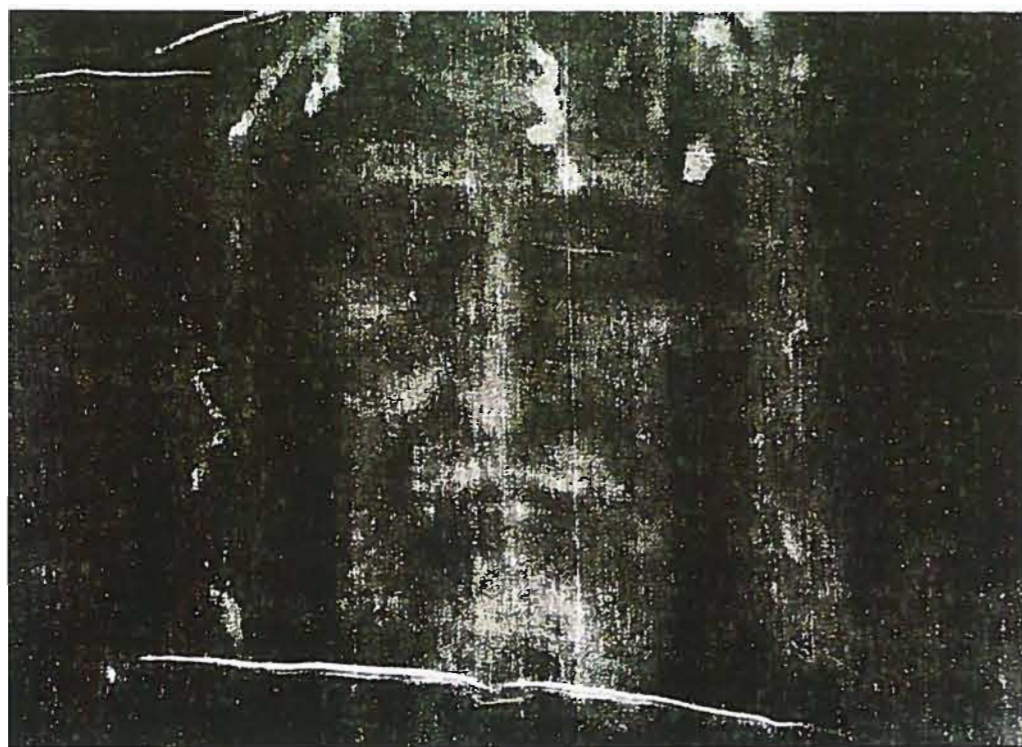



Fig. 5 - Immagine negativa del volto

negativo dell'immagine sindonica ci porta a pensare che se la Sindone fosse un artefatto qualcuno avrebbe dovuto dipingere la figura di un uomo in negativo; questo fatto è innaturale e non poteva certo essere realizzato nel medioevo, epoca in cui non erano noti i concetti della fotografia, nata intorno al 1840.

La differenza di tonalità fra i valori chiari e quelli scuri del positivo fotografico (Fig. 4), è talmente bassa che l'occhio riesce a percepire soltanto le fattezze di un volto umano nella sua globalità, mentre i particolari non sono facilmente individuabili e interpretabili.

Nella figura 5 invece, negativo fotografico del volto sindonico, è evidente come i chiaroscuri siano completamente invertiti e sia presente la trasposizione spaziale il cui effetto consiste nello scambio della parte destra con la sinistra e viceversa. Ecco allora che il telo di colore chiaro appare scuro, mentre le macchie corrispondenti alle zone anatomiche in rilievo diventano chiare con sfumature di intensità che rispecchiano l'andamento curvilineo del volto umano; inoltre i particolari che apparivano alla sinistra dell'immagine ora si trovano a destra. Il negativo fotografico del volto sindonico rappresenta quindi l'aspetto di un viso umano come potremmo osservarlo se fosse di fronte a noi. La prima fotografia a colori della Sindone è stata realizzata nel 1969 da Gian Battista Judica Cordiglia, cui è seguita quella di Gian durante scattata il 25 giugno 1997.



# Studi medico legali

L'osservazione diretta al microscopio mette in evidenza il colore giallo paglierino delle fibre di lino che definiscono l'impronta corporale; la colorazione è limitata alla parte superiore delle fibrille a tal punto che si presentano macchie bianche in corrispondenza all'accavallamento delle fibre. La colorazione è monocroma con una distribuzione di valori di intensità simili sia per la parte frontale sia per quella dorsale; ciò a dispetto di quanto si possa pensare per uno schiacciamento che dia luogo a una distribuzione di intensità luminosa spostata verso lo scuro.

Per quanto riguarda le macchie ad aspetto "sanguigno" presenti sulla Sindone, il primo ricercatore che se ne occupò fu il chirurgo francese Pierre Barbet che, al Primo Congresso Internazionale di Studi tenutosi a Roma e poi a Torino nel maggio 1950, presentò una relazione in cui dimostrò la sua tesi secondo la quale le macchie suddette corrispondono effettivamente a impronte di sangue coagulato.

Nel 1973 il cardinale Pellegrino nominò una commissione di esperti fra i quali figuravano i ricercatori G. Frache, E. Mari Rizzati e E. Mari; il loro compito era quello di ricercare la presenza di sangue su alcuni fili prelevati dalla Sindone. Le ricerche si conclusero però senza successo, nonostante fossero state condotte con perizia e accuratezza. Le analisi successive, condotte sui prelievi effettuati durante l'Ostensione del 1978, hanno invece portato a risultati che confermano quanto ipotizzato dal Barbet. Sfruttando le fotografie scattate a luce visibile e a raggi ultravioletti, si può dedurre l'esistenza di un alone fluorescente sia sul contorno delle macchie carminie alla fronte, alla nuca, al polso sinistro, al costato, ai lombi e ai piedi, sia alla periferia delle lesioni, chiaramente riferibili a siero. Ne segue che è impossibile non attribuire tali impronte a un organismo ferito.

Nel 1980 i ricercatori americani John Heller e Alan Adler comunicarono di avere ottenuto fenomeni di conversione della porfirina su un nastro applicato alla superficie del lenzuolo in corrispondenza di una macchia ad aspetto sanguigno. Il risultato ottenuto dai due ricercatori aprì la strada alla dimostrazione micro analitica della presenza di sangue sul telo sindonico.

Il 6 maggio del 1981 il medico legale prof. Pier Luigi Baima Bollone, comunicò all'Accademia di Medicina di Torino che le sue indagini di tipo ematologico forense, condotte sui campioni di fili prelevati nel 1978, avevano dimostrato la presenza di sangue conservatosi inalterato per secoli.

I risultati di Baima Bollone furono poi confermati dalla relazione di Adler presentata nell'agosto del 1982 al convegno di Società Canadese di Scienze Medico Forensi.

Il problema successivo che occorreva affrontare era quello della determinazione del tipo di sangue: bisognava cioé accertare se si trattasse di sangue umano. La tecnica utilizzata per l'analisi è stata quella della immunofluorescenza ematologica che viene abitualmente impiegata sia nei laboratori di medicina legale sia in quelli della polizia scientifica. L'esame condotto su fibre della Sindone macchiate di sangue ha dimostrato la presenza di globuline umane: non può quindi che trattarsi di sangue umano.

L'analisi al microscopio elettronico a scansione ha permesso inoltre a Baima Bollone di individuare la presenza di globuli rossi (Fig. 6).

Relativamente all'accertamento del gruppo sanguigno, occorre osservare che le macchie della Sindone si comportano come quelle di

**Fig. 6 - Immagine di globulo rosso presente sul telo sindonico**

soggetti di gruppo AB. Va detto però che esistono numerosi fattori che inducono errori nella determinazione del gruppo sulle macchie antiche; questi però sono stati isolati nel procedimento che ha coinvolto la Sindone, anche perché indagini ematologiche hanno permesso di appurare che il sangue sulla Sindone è perfettamente conservato.

**Fig. 7 - Positivo fotografico del volto**

L'analisi dei particolari presenti sull'immagine sindonica permette di trarre numerose conclusioni dal punto di vista medico legale. Sul volto sono presenti escoriazioni e ferite lacero contuse nonché la probabile frattura della piramide nasale (Fig. 7).
Su di esso inoltre si osserva una colata centrale a forma di "3 rovesciato" che sembra creata da sangue denso venoso colato probabilmente dalle ferite provocate dalle spine della corona alla vena frontale mediana sinistra; appaiono inoltre evidenti due macchie laterali molto simili che potrebbero essere dovute a fini zampilli di sangue arterioso delle arterie temporali superficiali.
Osserviamo che la fisiologia della circolazione sanguigna è stata scoperta nel XVII secolo ed è quindi impensabile che questa differenza di apporto ematico sia stata ottenuta artificiosamente nel medioevo.
Sulla parte destra della figura anteriore si osserva una macchia corrispondente a una colatura di sangue in parte nascosta, sul margine esterno, da un rappezzo eseguito dalle Clarisse di Chambery dopo l'incendio del 1932 (Fig. 8). Si tratta di sangue cadaverico separato nelle sue componenti corpuscolare e sierosa, fuoriuscito per effetto di una ferita da punta e taglio inferta, probabilmente, da una lancia. La lancia è scivolata sulla quarta costola, ha perforato il quinto spazio intercostale, incontrando sul suo cammino la pleura e il polmone, per raggiungere poi il margine destro del cuore perforando il pericardio. Queste considerazioni sono il frutto di esperimenti del Barbet.
Sulla Sindone è molto evidente la ferita al carpo della mano sinistra, mentre quella sulla destra non è visibile, in quanto nascosta (Fig. 9).
Le ricerche su questa ferita sono state condotte con aspetti scientificamente importanti dal Barbet a partire dal 1939 e da Ricci dal 1960.
Le prove sperimentali condotte dal Barbet hanno dimostrato che la ferita da chiodo ha interessato l'articolazione mediocarpica sinistra. Questo fatto va contro l'opinione artistica che rappresenta il Cristo con le mani trapassate; i chiodi nel palmo delle mani non riuscirebbero a sostenere il peso del corpo. Nella ricerca, il Barbet si avvalse di cadaveri, di pezzi di amputazione, nonché delle fotografie dell'Enrie. Alla conclusione degli esperimenti il Barbet ritenne di poter sostenere che il chiodo infisso nel polso sinistro del condannato era penetrato nello spazio cosiddetto di Destot, che si può scorgere in una normale radiografia. Sull'immagine non è presente l'impronta del pollice; questo fatto è spiegabile con la lesione del nervo mediano, responsabile del movimento del pollice, determinata dal chiodo. A conferma di quanto asserito da Barbet, sono le considerazioni apportate da Judica Cordiglia nel 1959 e Baima Bollone nel 1978. Nel 1979 la ricercatrice Sassu esegue prove di trafissione e giunge alle conclusioni del Barbet integrandole con prove atte a studiare il meccanismo di innalzamento e di accasciamento dei crocifissi. Le conclusioni dei suoi esperimenti sono congruenti con le informazioni deducibili dalla Sindone.

**Fig. 8 - Ferita al costato destro**

L'osservazione delle impronte dei coaguli ematici sulla fronte e in corrispondenza alla nuca (Fig. 10) fanno pensare che sull'uomo della Sindone sia stata posta non una corona di spine, come vuole l'iconografia tradizionale cristiana, ma piuttosto un casco di spine, che voleva avere una somiglianza con il copricapo dei sovrani orientali.
Il casco è stato probabilmente portato anche sulla croce; gli aculei infissi nelle parti molli della volta cranica hanno agito non solo sulle terminazioni nervose ma anche sui vasi sanguigni lesionandoli o lacerandoli in vario modo. L'emorragia provocata deve essere stata particolarmente intensa nella fase iniziale del supplizio quando le condizioni generali della circolazione e della respirazione del crocifisso non erano ancora irrimediabilmente compromesse. L'ipotesi formulata permette di spiegare l'intensità emorragica, soprattutto venosa, causata dalle ferite alla formazione galeo cutanea.

**Fig. 9 - Immagine degli arti superiori**

Fig. 10 - Particolare della nuca

Sul dorso e sugli arti compaiono vistose lesioni a forma di piccolo manubrio che possono essere riferibili alle estremità dei flagelli utilizzati dai romani. Sulla regione scapolare sinistra e su quella sovrascapolare destra sono visibili aree di escoriazioni che possono essere state provocate dal patibolo cioé il braccio orizzontale della croce (Fig. 11).

Fig. 11 - Impronta dorsale

Molto evidente è l'impronta plantare completa del piede destro e il tallone di quello sinistro. In corrispondenza alla superficie plantare destra risulta di facile lettura nella zona del metatarso una forma quadrata da cui partono colature di sangue (Fig. 12); si tratta probabilmente del foro lasciato dal chiodo usato per trapassare entrambi i piedi, con il sinistro sovrapposto al destro. L'ipotesi di sovrapposizione potrebbe essere avvalorata dall'aspetto leggermente arretrato del piede sinistro rispetto al destro; la rigidità cadaverica può aver fissato la posizione di flessione associata alla sovrapposizione del piede sinistro sul destro.
Facendo cadere l'attenzione sull'aspetto dell'impronta delle cosce, appare evidente come non risultino discontinuità; questo fatto permette di formulare l'ipotesi che l'uomo non abbia subito il crurifragio, cioé la frattura delle gambe inferta ai condannati per accelerarne la morte. I movimenti del condannato venivano infatti così bloccati e subentrava più velocemente la morte.
Un tema di ricerca di notevole interesse, che è tuttora in fase di sviluppo, è la determinazione dell'aspetto fisico dell'uomo della Sindone. A tal fine l'informatica ha contribuito notevolmente al raggiungimento di risultati di notevole portata, determinando l'aspetto altamente probabile del volto dell'uomo prima di essere sottoposto al martirio, e avvolto nel telo per la sua sepoltura. Dal punto di vista medico legale e antropologico sono state invece svolte ricerche per la determinazione dei parametri di caratterizzazione. Relativamente alla valutazione della statura, l'impronta della parte anteriore è incompleta in quanto manca della parte distale dei piedi e permette la valutazione di una misura di 195 cm, mentre quella posteriore fornisce il valore di 202 cm. I valori determinati non permettono però di asserire inequivocabilmente che la statura dell'uomo della Sindone fosse elevata. Occorre infatti considerare che il telo posizionato sul cadavere assume senz'altro una curvatura, che tende ad allungare l'altezza dell'impronta una volta che il telo sia disteso. Bisognerebbe inoltre escludere che il lino non sia stato sottoposto, nel corso dei secoli, a un allungamento in senso longitudinale. Va detto comunque, che sulla base dell'osservazione dell'armonia delle forme, deducibili dall'immagine, è da ritenersi improbabile che vi siano state deformazioni apprezzabili sia longitudinalmente sia trasversalmente.
La valutazione dell'altezza dell'uomo della Sindone differisce, comunque, dall'interpretazione dei vari ricercatori. Per esempio Barbet valutava la misura in 178 cm, mentre Judica Cordiglia si esprimeva con 181 cm. Il Gedda invece riteneva di poter esprimere un'altezza di 183 cm. Il Ricci invece sostiene che sulla base delle discrepanze fra la misura anteriore e quella posteriore si potesse valutare l'altezza dell'uomo della Sindone in 162 cm; questo dato si discosta notevolmente da quello degli altri ricercatori.
Il Ricci abbraccia infatti la teoria della curvatura assunta dal telo per adattarsi al corpo del cadavere, per cui la lunghezza dell'impronta dorsale supera di 50 cm l'evoluzione reale poiché la tela si è conformata all'andamento del cranio, alla flessione del collo, ai glutei, ai polpacci e alla pianta dei piedi.
L'idea che una statura elevata non possa essere messa in relazione con i caratteri etnici del popolo ebraico è priva di valore scientifico.
Ricerche approfondite fanno ritenere che i caratteri semitici originali siano oggi conservati nelle regioni interne dello Yemen, in cui gli abitanti sono generalmente alti e magri e presentano viso sottile e lungo; se portano poi la barba e i capelli alla "nazarena" si scorgono stupefacenti analogie con l'uomo della Sindone. Di notevole interesse è il ritrovamento nella necropoli ebraica di Givat Mivtar, nei pressi della città di Gerusalemme, di 35 scheletri e tra essi quelli di tre maschi con una statura dell'ordine di 180 cm. Da quanto detto emerge che non esistono elementi contrari all'ipotesi che la statura dell'uomo della Sindone sia dell'ordine di 180 cm. D'altra parte la tavola di pietra del sepolcro è descritta lunga circa 250 cm e larga quasi 100, misure che sono congruenti con l'altezza desumibile dall'impronta sindonica. Degna di nota è l'edicola di San Giovanni in Laterano la cui altezza corrisponderebbe alla statura di Gesù: 183 cm.
Per quanto riguarda le cause della morte, nel 1847 Guglielmo Straud presidente del Royal

Fig. 12 - Impronta degli arti inferiori.

Medical Society di Edimburgo, avanzò l'ipotesi che la morte fosse stata provocata da una rotture spontanea del cuore; il dolore fisico e l'angoscia l'avrebbero infatti dilatato fino alla rottura. Le attuali conoscenze mediche però, permettono di asserire che un cuore sano non può essere lacerato per effetto della pressione del sangue esercitata nelle cavità cardiache. Partendo dalla considerazione che l'immobilizzazione degli arti superiori inchiodati al patibolo impedisce il meccanismo della respirazione, il chirurgo francese Le Bec avanzò l'ipotesi dell'asfissia.
A conferma di questo fatto giova ricordare che nell'esercito austro ungarico, durante la guerra del '15-'18, una punizione dei militari consisteva nel sospenderli per gli arti superiori in modo tale da permettere loro di toccare terra solo con le punte dei piedi. Dopo pochi minuti interveniva un'asfissia meccanica e occorreva staccare il condannato rapidamente prima che la sindrome asfittica diventasse irreversibile. L'ipotesi quindi che la crocifissione provochi la morte per asfissia è molto probabile e accettata da numerosi ricercatori sindonologici.
Risultati di ricerche sperimentali sono state presentate dal radiologo tedesco Modder al Primo Congresso Internazionale di Studi del 1950; il radiologo riuscì a dimostrare che negli individui sospesi per gli arti superiori la massa sanguigna si accumula nei segmenti inferiori del corpo, rendendo così difficile il ritorno al cuore e dando luogo al cosiddetto "collasso ortostatico".
L'ipotesi asfittica e quella del collasso ortostatico si possono integrare, in quanto la crocifissione provoca un impedimento di motilità alla gabbia toracica, sì da generare asfissia per immobilizzazione del torace.





# L'elaborazione con strumenti informatici

L'idea di utilizzare il computer per l'analisi dell'immagine della Sindone, è stata presa in considerazione negli anni '70, in seguito allo sviluppo della tecnologia elettronica legata alla trasmissione di immagini spaziali. Le immagini numeriche, espresse sotto forma di matrici di interi, che rappresentano l'intensità e la cromaticità dei punti luminosi (pixel) con cui viene rappresentata l'immagine originale, possono essere poi elaborate in modo automatico, con lo scopo di migliorare o ricuperare l'informazione non immediatamente deducibile dall'osservazione dell'immagine fotografica di partenza; tutto ciò senza introdurre alcun artificioso contributo.
Le immagini numeriche sono caratterizzate da due grandezze: la risoluzione spaziale e la quantizzazione. La prima è definita dal numero di pixel nelle direzioni orizzontale e verticale, cioé dal grado di dettaglio con il quale viene rappresentato il contenuto di un'immagine; la seconda è caratterizzata dall'ampiezza dell'intervallo di variabilità dell'intensità luminosa, associata a ciascuna delle componenti cromatiche fondamentali rosso, verde e blu, utilizzate per la creazione dei colori, al fine di realizzare il senso di continuità dei particolari presenti in un'immagine. Entrambi i parametri influiscono quindi sulla fedeltà nella ricostruzione dell'immagine originale. Valori tipici, utilizzati nella ricerca scientifica internazionale, considerano matrici con risoluzione 512 x 512 pixel e quantizzazione a 256 livelli di luminanza; questi valori permettono la rappresentazione di immagini con buona precisione.
È necessario inoltre sottolineare che nonostante la Sindone presenti sfumature colorimetriche nella gamma del giallo, le elaborazioni mediante computer usano principalmente immagini monocromatiche rappresentate con sfumature di tonalità di grigio, comprese fra il nero e il bianco; lo scopo infatti è di esaltare il contenuto informativo e non di conservarne l'aspetto di colorazione originaria. Le immagini con variazione di livelli di grigio, definite come distribuzioni spaziali bidimensionali di livelli di luminanza, sono comunque usate nella stragrande maggioranza delle applicazioni eidomatiche che considerano principalmente fonti monocromatiche come per esempio quella biomedica. Elaborando immagini monocromatiche, può verificarsi la necessità di trasformare i livelli di grigio in colore, allo scopo di rendere immediatamente valutabili dall'occhio umano particolari informazioni presenti nell'immagine. La tecnica applicata, detta dello pseudo-colore, si basa sul fatto che l'occhio possiede una più spiccata capacità di distinguere i colori, piuttosto che i livelli di grigio. Nel seguito ci riferiremo a immagini monocromatiche alle quali sarà applicata, quando necessario, la tecnica degli pseudocolori.
Le elaborazioni possono essere considerate come degli operatori, cioé filtri, che svolgono funzioni ben precise. Nel caso dell'immagine della Sindone queste vanno per esempio dall'eliminazione del rumore che altera o maschera il contenuto informativo dell'immagine, al miglioramento di qualità per esaltare particolari, dall'evidenziazione del rilievo presente nell'immagine corporea in essa rappresentata, al riconoscimento di forme

**Fig. 13** - Trasformata di Fourier del volto della Sindone.

che possono essere messe in relazione con la presenza di particolari non facilmente interpretabili dall'osservazione diretta del telo.

Alcune relazioni presentate alla conferenza del 1977 ad Albuquerque, nel New Mexico in USA costituiscono le pietre miliari dell'applicazione del computer all'analisi dell'immagine sindonica. Per esempio il lavoro di D. H. Janney riporta esempi di tecniche atte al miglioramento di qualità dell'immagine, come l'equalizzazione dell'istogramma dei livelli di luminanza che permette di ottenere una versione dell'immagine maggiormente contrastata in cui risultano più facilmente leggibili i particolari. Allo stesso modo J.J. Lorre e D.J. Lynn espongono, nella loro memoria i risultati ottenuti con l'applicazione di filtri che agendo sugli elementi di deterioramento dell'immagine hanno prodotto versioni maggiormente nitide. Sull'immagine infatti appaiono evidenti macchie scure di ridotte dimensioni, distribuite casualmente, ma addensate soprattutto nelle zone chiare dove l'impronta è più debole; queste macchie sono dovute, con molta probabilità, alle vicissitudini subite dal telo nel corso dei secoli. La causa invece delle linee orizzontali e di quelle verticali va attribuita principalmente alla trama del tessuto e alle pieghe del telo. Questi disturbi rappresentano oltre che una fonte di deterioramento estetico anche un ostacolo per l'analisi successiva dell'immagine mediante elaboratore.

### 3.1 La trasformata di Fourier

Uno strumento di indagine che permette di fornire risultati significativi nello studio della Sindone è la trasformata di Fourier, metodo matematico molto importante per l'elaborazione di immagini; essa permette di ottenere, in particolari domini di interesse, risultati non raggiungibili con le tecniche utilizzate nel dominio spaziale. La trasformata di Fourier converte un'immagine dal dominio spaziale, cioé come distribuzione di luminanza a quello detto delle frequenze; quest'ultimo può essere considerato, per semplicità, come un insieme di coefficienti associati alla rapidità di variazione dei livelli di luminosità nell'immagine stessa. In corrispondenza a dettagli, come per esempio il passaggio dalla fronte alla sopracciglia, si verificano brusche variazioni di livelli di luminosità e quindi le frequenze risultano elevate; in una zona senza soluzione di continuità non si presentano invece variazioni di luminosità e pertanto le frequenze sono molto basse.

Osserviamo che la trasformata di Fourier di

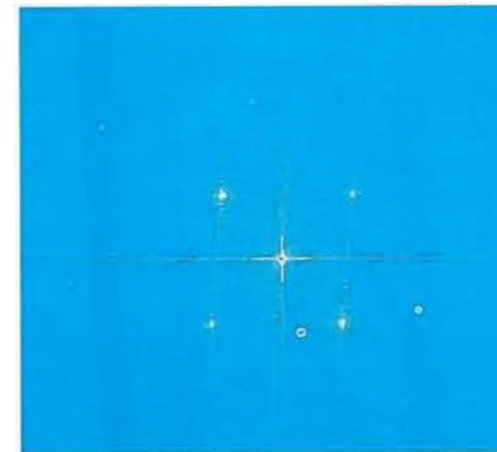
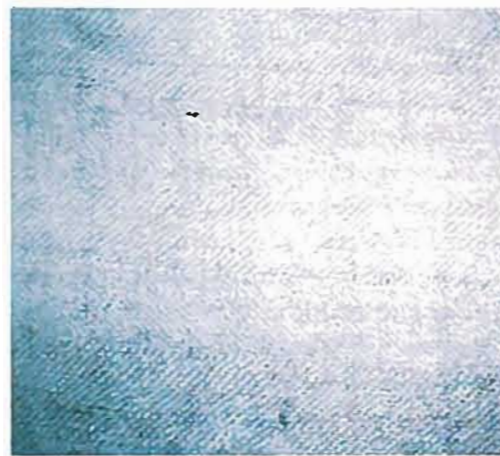
**Fig. 14** - Particolare della zona laterale sinistra del volto





**Fig. 15** - Rappresentazione della Fig. 14 nello spettro delle frequenze

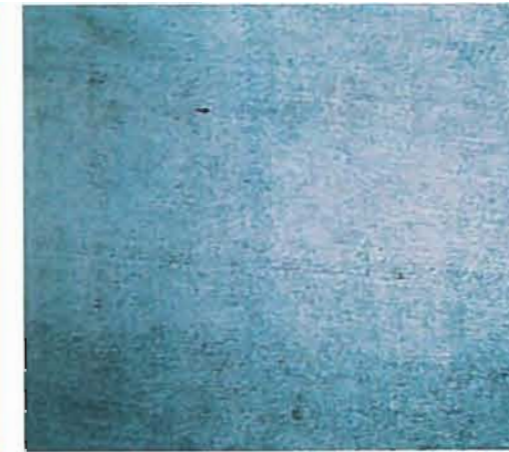



**Fig. 16** - Separazione dell'immagine originale dal tessuto

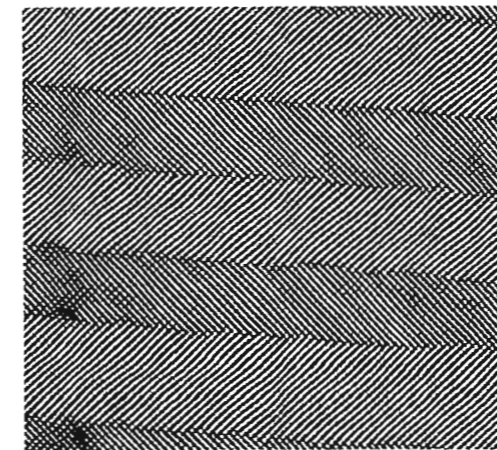



**Fig. 17** - Trama del tessuto

un'immagine contiene comunque la stessa informazione eidetica di quella originale: i due domini differiscono solo per il modo con cui l'informazione viene rappresentata.

L'applicazione della trasformata di Fourier permette per esempio, di verificare se l'immagine della Sindone sia un dipinto; se così fosse, essa evidenzierebbe delle direzioni preferenziali dovute alle pennellate dell'artista. La figura 13 rappresenta la trasformata di Fourier del volto ed evidenzia che non ci sono direzioni preferenziali; queste si presenterebbero infatti con l'aspetto di distribuzione sparsa di nebulose luminose. La Sindone non è quindi un dipinto.

La trasformata di Fourier può essere sfruttata inoltre per eliminare selettivamente informazioni dall'immagine, quando sia evidente il loro contributo nello spettro delle frequenze. Per esempio se si vuole separare l'immagine dal suo supporto, il telo a spina di pesce, si agisce sulle frequenze che corrispondono in modo evidente alla trama del tessuto. Le figure 14 e 15 riportano rispettivamente un particolare della zona laterale sinistra del volto e la corrispondente trasformata.

È evidente dall'osservazione dello spettro qual è il contributo dovuto alla trama: le piccole nebulose. Filtrando lo spettro, cioé eliminando i contributi di frequenza dovuti alla trama e calcolando l'antitrasformata, cioé l'immagine che si ottiene dallo spettro modificato, si ricava il contributo dovuto all'immagine e per differenza quella della trama (Fig. 16 e 17).

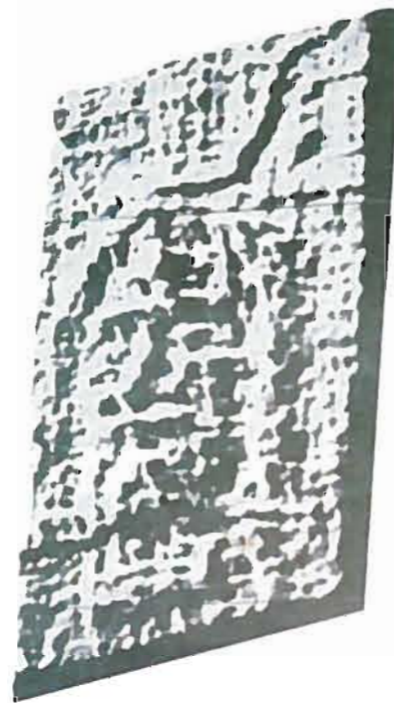
### 3.2 La tridimensionalità

Una caratteristica molto importante e inusuale, posseduta dalla Sindone è la presenza di informazione che permette di ricostruire l'aspetto tridimensionale del corpo che ha lasciato l'impronta sul telo. La tridimensionalità è la prerogativa di un corpo di estendersi nelle tre direzioni: larghezza, altezza e profondità. Un'immagine presenta allora rilievo se è possibile ricavare le informazioni spaziali delle strutture in essa rappresentate. Questo fatto si manifesta con sfumature di intensità luminosa che dipendono dalla

Fig. 18 - Rilievo del volto della Sindone ottenuto da Jumper e Jackson

distanza rispetto al sistema di acquisizione: nel caso della Sindone le impronte sono scure in corrispondenza a zone in rilievo e chiare nelle altre parti.

Lo studio della presenza di informazione tridimensionale in immagini è iniziato con l'elaborazione di immagini provenienti da satelliti artificiali; negli anni '70 gli scienziati della NASA riuscirono ad ottenere fotografie tridimensionali di corpi celesti, in quanto questi sono a distanza tale da rendere percepibile la diversa intensità luminosa delle loro immagini. Nelle comuni fotografie, invece, la tridimensionalità non è presente; il processo fotografico infatti non può far sì che gli oggetti ripresi siano messi in relazione diretta con la distanza che li separa dalla macchina fotografica. L'analisi e la rielaborazione tridimensionale sono possibili solo quando l'illuminazione ricevuta dall'oggetto dipenda dalla sua distanza; in caso contrario per ottenere un'immagine in rilievo occorrono non meno di due fotografie dello stesso oggetto, separate da una distanza nota (è il caso della fotografia stereoscopica). Quando si elaborino pertanto normali fotografie di persone, al fine di ottenere rilievi verticali, si ottengono notevoli distorsioni.

Fig. 19 - Immagine numerica del volto della Sindone

Paul Vignon, professore di biologia all'Institut Catholique di Parigi, fu il primo a notare, nel 1902, che l'intensità della immagine sindonica sembrava variare inversamente con la distanza tra la tela ed il corpo, cioé quanto più il corpo è stato vicino alla tela, tanto più l'immagine è diventata scura. All'epoca di Vignon non c'era alcun modo di verificare quest'ipotesi. Nel 1977 i ricercatori della U.S. Air Academy, Eric J. Jumper e John Jackson effettuarono tale verifica per mezzo di un analizzatore VP-8 che trasformò, sulla base di una legge iperbolica, le sfumature di intensità dell'immagine in livelli di rilievo verticale; fu così ottenuta l'immagine tridimensionale del corpo e il particolare del volto (Fig. 18).

Il professor Giovanni Tamburelli dell'Università di Torino, assistendo nel maggio 1978 ad una conferenza sulla Sindone, rimase interdetto circa la qualità delle immagini ottenute da Jumper e Jackson, in quanto esse presentavano una definizione minore dell'immagine originale bidimensionale. Tamburelli diede allora vita a Torino ad un gruppo di ricerca che iniziò gli studi informatici sulla Sindone. I primi risultati furono ottenuti già nell'estate del 1978 e negli anni successivi furono continuamente aggiornati e ampliati. Tali studi proseguono tuttora anche dopo la morte di Tamburelli (avvenuta nel 1990) sotto la direzione dell'autore.

L'immagine numerica del volto della Sindone, sulla quale sono state eseguite le elaborazioni a cui si farà riferimento nel seguito, è stata ricavata da una diapositiva 24 x 36 riproducente la fotografia ufficiale di Giuseppe Enrie del 1931. Il dispositivo di acquisizione ha convertito l'immagine analogica nel formato numerico con risoluzione 512 x 512 pixel e 256 livelli di grigio (Fig. 19).

Per eliminare i disturbi presenti sull'immagine sotto forma di punti e macchie di limitate dimensioni, si è applicato un filtro mediano 7 x 7; il filtro non lineare mediano presenta infatti la caratteristica di sopprimere isolati gruppi di punti dell'immagine, se la loro estensione è minore di metà della finestra del filtro, senza interferire con i contorni e i particolari dell'immagine. Il filtro opera su una finestra quadrata comprendente m x m punti, ordinandoli in modo non decrescente e prendendo come valido il valore che divide a metà la distribuzione. La Fig. 20 permette di rilevare la riduzione di rumore raggiunta usando un filtro mediano 7 x 7; l'immagine ottenuta presenta inoltre un elevato contrasto e un notevole rapporto segnale/disturbo.

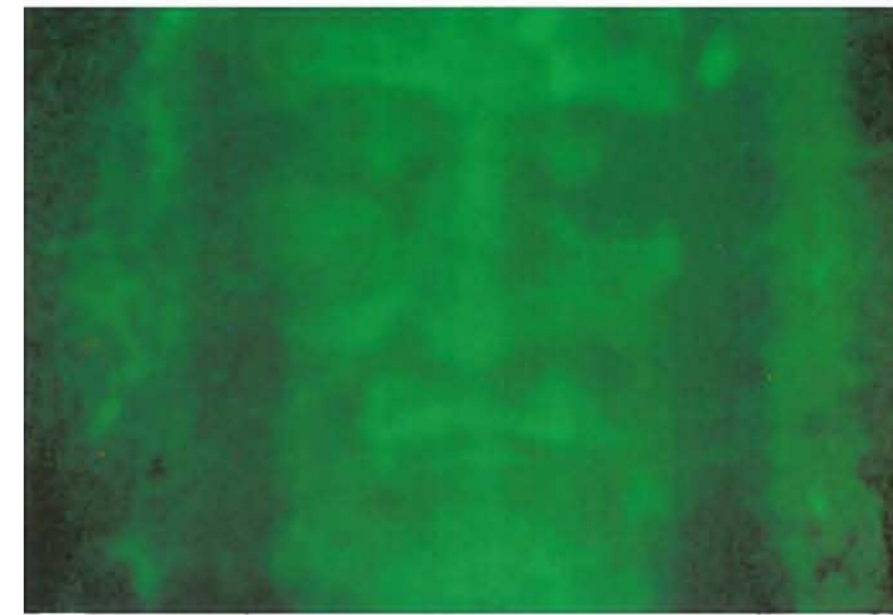



Fig. 20 - Elaborazione del volto della Sindone mediante filtro mediano bidimensionale 7 x 7

La Fig. 21 è la differenza fra la Fig. 19 e la Fig. 20 e mostra il rumore eliminato dall'immagine originale.

Si può osservare come le informazioni rimosse siano insignificanti nella valutazione delle caratteristiche del volto; questo prova che il filtro mediano adottato non ha interagito con il contenuto eidetico dell'immagine.

Fig. 21 - Immagine differenza tra figura 19 e figura 20

Al fine di evitare difficoltà analitiche nella determinazione del rilievo in funzione della luminanza dei pixel, è opportuno valutare la distanza fra corpo e telo, secondo la linea verticale, supponendo il corpo in posizione supina. L'ipotesi formulata è che alla formazione di un pixel dell'immagine abbiano contribuito, oltre al punto in esame, anche i punti di una regione adiacente. Considerando un piano x, y sul quale si sia supposto disteso il lenzuolo e indicando con $i(u,v)$ la luminanza del generico pixel dell'immagine e con $d(u,v)$ la corrispondente distanza del punto della superficie corporea, misurata secondo la verticale, possiamo scrivere:

$$i(u,v) = S_{uv}\left[d(x,y)\right] \quad [1]$$

In prima approssimazione la [1] può essere scomposta nella somma di una funzione $f$ e di un funzionale $F$ che tenga conto del contributo all'intensità di un punto dell'immagine dovuto ai punti limitrofi e quindi si può scrivere:

$$[2] \qquad i(u,v) = f\big[d(u,v)\big] + F\big[d(x,y)\big]_{x \neq u, y \neq v}$$

L'elevata definizione dei particolari dell'immagine della Sindone è indice di una ridotta interferenza, su un dato punto, da parte degli altri punti. Ne segue che il funzionale $F$ fornisce un contributo piuttosto ridotto che può essere supposto formalmente uguale per ogni punto $u$, $v$ e può essere rappresentato, in modo approssimato, con un filtro numerico bidimensionale.

Per ricavare la tridimensionalità dell'immagine occorre effettuare la trasformazione inversa della [1] e cioé ricavare:

$$[3] \qquad d(u,v) = S^{-1}\big[i(x,y)\big]$$

Scomponendo la [3] nella somma di una funzione $g$ e di un funzionale $G$ otteniamo:

$$[4] \qquad d(u,v) = g\big[i(u,v)\big] + G\big[i(x,y)\big]_{x \neq u, y \neq v}$$

**Fig. 22 - Immagine tridimensionale del volto**

e quindi anche $G$, con una certa approssimazione, potrà essere realizzato per mezzo di un filtro numerico che risulta essere importante per migliorare la regolarità e la definizione dell'immagine.

In luogo della variabile $d$ è opportuno considerare la variabile "vicinanza"

$$\delta = d_{max} - d$$

dove $d_{max}$ è la massima distanza considerata dal lenzuolo.

La variabile vicinanza risulterà una funzione crescente dell'intensità luminosa dell'immagine e per essa il primo termine della [4] potrà essere presentato mediante uno sviluppo in serie di Mc Laurin. Si è verificato sperimentalmente che i termini del polinomio con grado superiore al secondo, non hanno una sensibile influenza sulla fisionomia dell'immagine tridimensionale ottenuta e sull'entità dei particolari ricavabili. Si può pertanto scrivere:

$$[5] \; \delta_{n,m} = k_1 i_{n,m} + k_2 i^2_{n,m} + k_3 i^3_{n,m} + \ldots \; H(i_{r,s})_{rn,sm}$$
$$\equiv k_1 i_{n,m} + k_2 i^2_{n,m} + H(i_{r,s})_{r \neq n, s \neq m}$$

dove $k_1$ e $k_2$ sono i coefficienti dello sviluppo in serie di Mc Laurin e $H$ è il funzionale equivalente di $G$ che può essere rappresentato, con buona approssimazione, da un filtro numerico.

I parametri che entrano negli sviluppi analitici sono stati determinati in modo che i lineamenti del volto, frutto dell'elaborazione, avessero dimensioni medie tra le minime e le massime accettabili dalla valutazione dell'intelligenza umana; in questo modo infatti, ci si viene a trovare in una situazione prossima a quella reale.

Nell'elaborazione numerica per ricavare la tridimensionalità si è supposto che il lenzuolo avesse un'adeguata curvatura e cioé assumesse la forma di una superficie curva regolare, con una certa pendenza tra il naso e la fronte, nonché che vi fosse contatto con i punti del corpo di massima intensità luminosa.

Il risultato dell'elaborazione è riportato in figura 22, nella quale sorprendentemente appaiono un rilievo ovunque regolare e una definizione alquanto elevata. L'inclinazione fornita all'immagine, ha lo scopo di sfruttare appieno la fisiologia della visione: l'aspetto tridimensionale di una struttura si valuta infatti meglio quando ci siano delle linee di fuga che simulino andamenti prospettici propri delle tecniche pittoriche. I parametri $k_1$ e $k_2$ sono stati variati mantenendo costante il massimo rilievo dell'immagine e cioé in modo tale che:

$$k_1 i_M + k_2 i^2_M = costante$$

dove è $i_M$ il massimo valore di $i_{n,m}$

Con la stessa tecnica utilizzata per il volto è stata effettuata l'elaborazione dell'immagine del corpo. Si è innanzitutto realizzata l'elaborazione dell'immagine bidimensionale in modo da eliminare il più possibile i disturbi. Successivamente si è introdotto il rilievo con una legge di compromesso diversa da quella usata per il volto, data la diversa distribuzione del sangue nelle rimanenti parti del corpo (Fig. 23).

**Fig. 23 - Immagine tridimensionale del corpo**

L'origine tridimensionale dell'immagine della Sindone è risultata pertanto pienamente confermata: il rilievo e la definizione dei particolari sono impressionanti sia sotto l'aspetto umano sia sotto quello scientifico.

Le due elaborazioni eidomatiche del volto e del corpo sono molto importanti perché hanno consentito di rilevare numerosi dettagli e particolari che nelle immagini bidimensionali originali non sono riscontrabili oppure lo sono in modo dubbio.

Si possono infatti leggere sulla Sindone, con l'ausilio dei dati forniti dall'elaborazione eidomatica, ipotesi di torture subite dall'uomo della Sindone.

Il fatto che taluni particolari siano emersi soltanto dopo l'elaborazione tridimensionale esclude la possibilità di un qualunque intervento manuale nella formazione dell'immagine sindonica. Infatti è inconcepibile che particolari significativi, invisibili a occhio nudo e visibili soltanto dopo l'elaborazione, siano stati inseriti in modo artificioso sull'immagine.

### 3.3 Analisi dettagliata dell'immagine tridimensionale

Facendo riferimento alla figura 24 che riporta l'immagine del volto con l'evidenziazione delle principali caratteristiche (numerate con cifre da 1 a 20), elenchiamo i dati evidenziati dall'estrazione della tridimensionalità,

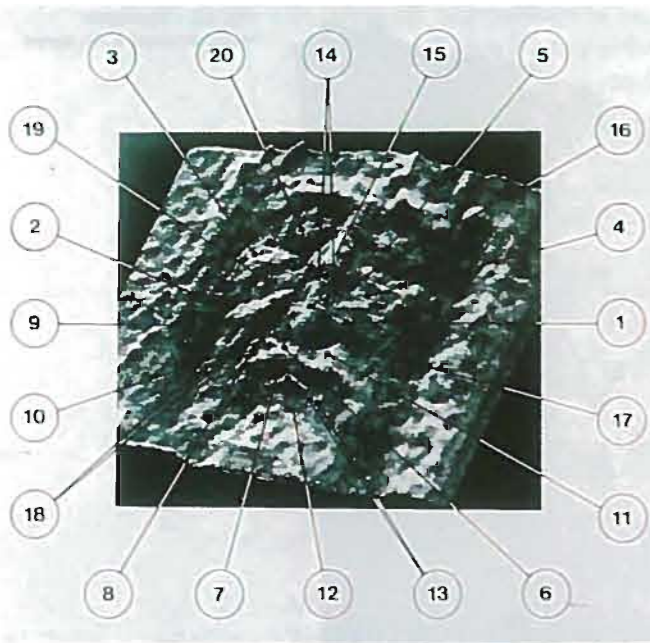
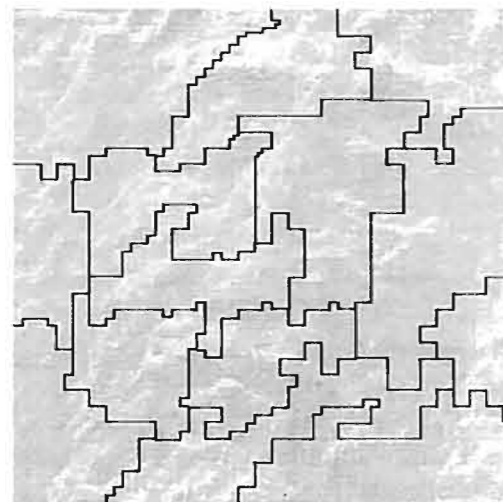



Fig. 24 - Immagine tridimensionale con riferimenti sui particolari

associando ad essi un'interpretazione che va intesa in termini ipotetici:

• rivoli e grumi di sangue fluenti verso la parte anteriore del volto e nei capelli che fanno intuire l'inclinazione del volto corrispondente alla morte per crocifissione;
• il grumo, evidentemente di sangue, inciso e disposto sulla guancia sinistra dell'immagine vicino alla narice sinistra (1) corrispondente alla probabile incisione prodotta da un oggetto acuminato;

Fig. 25 - Suddivisione dell'immagine con rilievo in aree con propria distribuzione di luminanza

• la traccia che partendo dal lato destro dei capelli prosegue leggermente sulla guancia destra, sul naso e termina sul suddetto grumo (2) che sta indicare come l'oggetto di cui sopra possa essere stato inizialmente appoggiato sul lato destro dei capelli e fatto scorrere fino a produrre l'incisione del grumo di sangue;
• la tumefazione sullo zigomo destro (3) corrispondente a evidenti percosse subite;
• le incisioni sullo zigomo sinistro (4); gli aculei di un ipotetico casco di spine si sono incisi nella pelle sul lato sinistro della fronte generando appunto in quel momento, il rivolo di sangue discendente sul lato sinistro del volto ed altri rivoli che hanno inondato i capelli;
• il grumo rugato sulla palpebra sinistra (5) dovuto al sangue fluito dalla fronte incisa dagli aculei del casco di spine;
• i due rivoli di sangue uscenti dal naso (6);
• la goccia di sangue sotto il labbro superiore (7);
• la goccia di sangue sul lato destro del labbro superiore (8) che può fornire l'inclinazione prima della morte;
• la goccia di sangue a forma appuntita sulla narice destra (9) corrispondente ad un graduale deflusso del sangue con il volto reclinato;
• il grumo di sangue sul lato destro del labbro superiore (10);
• il grumo di sangue sul lato sinistro del labbro superiore (11);
• il grumo di sangue sul labbro inferiore sottostante la goccia di sangue cadente dalla parte centrale del labbro superiore (12);
• la forma ripidamente cadente dei due rivoli di sangue sul lato sinistro del labbro inferiore (13);
• i due fori disposti lateralmente al naso (14) che corrispondono, sotto l'aspetto dimensionale, alle terminazioni di un flagello romano;
• l'incisione sulla piramide nasale in corrispondenza ai suddetti due fori (15) dovuto probabilmente a un colpo di bastone;
• l'ammaccatura sopra la punta del naso (16);
• la leggera deviazione della punta del naso (17) dovuta alla rottura del setto nasale per effetto dei colpi inferti da un oggetto contundente;
• le gocce di sangue sul lato destro della barba (18);
• il solco sulla guancia destra corrispondente alla traccia di un colpo (19);
• l'impronta circolare sulla palpebra destra dovuta probabilmente ad una monetina (20).

### 3.4 Il volto naturale dell'uomo della Sindone

Le numerose ferite che compaiono nell'immagine tridimensionale del volto, ne deturpano la bellezza, rendendone inoltre interpretabile la fisionomia come appartenente a un uomo non molto giovane, in contraddizione con l'età di Cristo che gli storici valutano di 33 - 37 anni.
D'altra parte, l'elevata definizione dell'immagine tridimensionale del volto consente di intravedere i lineamenti naturali dell'uomo della Sindone. Si è ritenuto quindi di notevole interesse affrontare il problema di ripulire il volto tridimensionale dalle ferite e dalle tracce di sangue, in modo da ottenere il più possibile un volto naturale e cioé quello che molto probabilmente era il volto di Gesù Cristo prima della passione, se il telo della Sindone ne ha avvolto il cadavere.
Applicando opportuni filtraggi all'immagine con ferite (Fig. 22), suddivisa in aree caratterizzate da una intrinseca distribuzione di luminanza (Fig. 25), sono stati eliminati i segni delle torture senza alterare i sottostanti lineamenti.
L'immagine ottenuta è quella di figura 26 in cui i tratti del volto appaiono molto nitidi; questa è l'unica immagine tridimensionale del volto naturale dell'uomo della Sindone finora ottenuta.
Occorre notare che il leggero sfuocamento dell'immagine è prova che l'elaborazione realizzata è frutto di filtraggi numerici che provocano come azione collaterale un effetto nebbia; nulla quindi è stato introdotto artificialmente.

Fig. 26 - Volto naturale dell'uomo della Sindone

È necessario ribadire che l'informazione contenuta nella figura 26 è esclusivamente quella presente nell'immagine originale della Sindone, ripulita dal contenuto dovuto alle ferite.

Fig. 27 - Confronto del volto della Sindone con ferite e senza

**Fig. 28 - Immagine dell'impronta di una moneta sull'orbita destra del volto della Sindone.**

Le elaborazioni effettuate non hanno introdotto alcuna informazione aggiuntiva, per cui l'immagine ottenuta è da ritenersi molto vicina all'aspetto vero del volto dell'uomo della Sindone prima di subire la tortura e la crocifissione.

La figura 27 mette in evidenza come il filtraggio abbia mantenuto l'aspetto tridimensionale e siano rimasti in evidenza traumi dovuti alle ferite; se l'uomo della Sindone fosse stato anziano, il filtraggio non sarebbe riuscito a eliminare completamente le rughe dovute alla vecchiaia.

**Fig. 29 - Immagine tridimensionale dell'impronta della moneta sull'orbita destra del volto della Sindone.**

### 3.5 Impronte di monete sul volto

L'analisi di impronte rilevabili nelle zone orbitali del volto sindonico e riconducibili a forme presenti sui lati di monete romane, riveste un'importanza fondamentale per la datazione della Sindone.

La prova dell'esistenza di impronte di monete sull'immagine sindonica fornirebbe infatti un'ulteriore conferma dell'autenticità della Sindone; è ovviamente molto improbabile che nel processo di realizzazione di un artefatto, un falsario di epoca medioevale abbia introdotto un'informazione così particolare, non visibile in modo immediato a occhio nudo e associata a un'usanza non nota a quell'epoca. Ricerche storico-archeologiche riferiscono infatti dell'usanza funebre dei tempi di Cristo di porre piccole monete sugli occhi dei cadaveri, con lo scopo di impedire il sollevamento delle palpebre o anche solo come gesto rituale simbolico.

Le ricerche sulla presenza di impronte di monete nelle zone orbitali dell'uomo della Sindone, sono iniziate nel 1954 a opera del teologo di Chicago padre F.L. Filas che effettuò una serie di studi in campo sia fotografico sia numismatico. Partendo da una copia delle lastre fotografiche realizzate da Enrie, Filas affermò di individuare sulla palpebra destra del volto sindonico impronte estremamente simili a quelle esistenti sulla faccia di una moneta, un "dilepton lituus", che presenta sul diritto il simbolo del lituo cioé una specie di pastorale circondata dalla scritta greca TIBEPIOY ΚΑΙΣΑΡΟΣ. Tale moneta che risale ai tempi di Tiberio, come si ricava dalla data sul lato rovescio del conio, pesa poco più di 1 grammo e ha un diametro di circa 16 mm; sono state ritrovate copie che presentano deformazioni nel conio e variazioni nelle iscrizioni. In alcuni esemplari si può chiaramente distinguere la scritta TIBERIOY CAICAPOC in cui la lettera greca K è stata sostituita dalla C latina che ha la stessa pronuncia, mentre la lettera Σ diventa facilmente anch'essa una C (sigma lunato).





Il miglior apprezzamento dell'impronta di una moneta si ottiene dall'osservazione del negativo fotografico del telo diretto o leggermente ingrandito come è riportato in figura 28.

È riconoscibile una forma che richiama l'aspetto del lituo, circondato dalla lettera Y, che potrebbe essere la lettera terminale della parola TIBERIOY, separata dalle lettere CAI facenti parte della parola CAISAROS o CAICAPOC.

Sottoponendo il particolare del negativo fotografico relativo all'impronta dell'orbita destra a elaborazione tridimensionale, si è ottenuto il risultato di figura 29.

Come si può rilevare, si intravede un bastone di comando a forma di punto interrogativo e in corrispondenza al bordo superiore sinistro strutture associabili alla lettera Y, staccata dalla lettera C, seguita dalle lettere A e I. Poiché l'elaborazione tridimensionale del negativo fotografico mette in risalto una forma a bastone di comando rovesciato, possiamo dedurre che il conio doveva presentare un punto interrogativo. Infatti, ponendo una moneta con il simbolo di punto interrogativo sul volto, per effetto del decalco si forma sul telo un bastone di comando, che nel negativo fotografico appare nuovamente come punto interrogativo. Ne segue che occorre ipotizzare l'esistenza di una moneta con il bastone di comando rovesciato, speculare rispetto a quella presa in considerazione da Filas.

La verifica dell'esistenza di una moneta dell'epoca che riporti su un lato del conio la forma di bastone a punto interrogativo è dovuta al numismatico Mario Moroni che è in possesso di alcuni conio (Fig. 30); si tratta di un "dilepton lituus" di tipo al rovescio, emessa nell'anno XVI di Tiberio da Ponzio Pilato.

La presenza di una moneta sulla palpebra dell'occhio sinistro è stata presa in considerazione contemporaneamente alla ricerca attuata sull'occhio destro. Dall'osservazione dell'immagine bidimensionale e di quella tridimensionale non appare però alcuna forma che possa essere messa in relazione con l'impronta di una moneta.

L'analisi dell'arcata sopraccigliare mette invece in evidenza nell'immagine tridimensionale del volto una strana protuberanza che fa pensare a un contributo dovuto a una corpo estraneo. L'elaborazione dell'immagine bidimensionale di questa zona ha permesso allo scrivente e al Prof. Baima Bollone di evidenziare la presenza di segni riconducibili a un "lepton"; in particolare dall'osservazione dell'immagine bidimensionale (Fig. 31) si intravedono le forme di una struttura che richiama una coppa e tre lettere che sono interpretabili come la scritta "LIS".

Il rilievo tridimensionale della zona indagata sembra confermare le deduzioni sopra esposte (Fig. 32).

Gli esperti di numismatica sanno che queste

**Fig. 30 - Un "dilepton lituus"**

**Fig. 31 - Immagine bidimensionale del sopracciglio sinistro**

**Fig. 32 - Immagine tridimensionale del sopracciglio sinistro**

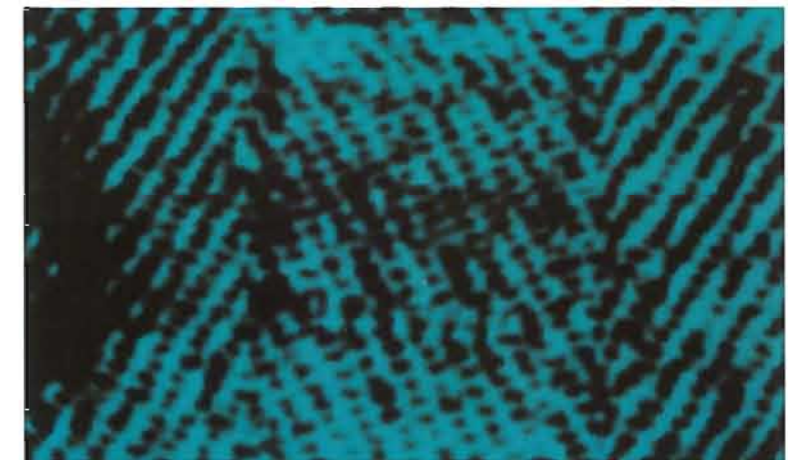



Fig. 33 - Immagine del "lepton"

tre lettere significano "anno sedicesimo", in quanto la "L" sta per anno, la "I" per il valore dieci e la "S" per il valore sei. Si parla quindi dell'anno XVI dell'imperatore Tiberio, che corrisponde all'anno 29 dell'era cristiana.
Questa è la data di coniazione di una moneta, un lepton (Fig. 33), di cui esistono numerosi esemplari che presentano sul verso una coppa rituale cioé un "simpulo".
Questa moneta circolava nei mercati ebrei e aveva il valore di pochi spiccioli. La moneta, oltre al simpulo posto al centro riporta la scritta di TIBERIOY KAISAROS e la sigla finale LIS che esprime la datazione.

### 3.6 La Sindone e le icone

Il volto naturale dell'uomo della Sindone permette di verificare, da un punto di vista eidomatico, la corrispondenza - sostenuta dalla ricerca storico-iconografica - tra il volto dell'uomo della Sindone e le più importanti icone raffiguranti il volto di Cristo.

Fig. 34 - Volto diritto senza ferite

Per poter effettuare il confronto nella maniera più diretta, si è pensato di ricavare una rappresentazione diritta e frontale del volto di figura 26, riportato in figura 34.
Alcune delle più note ed importanti icone di Cristo, a partire dal VI secolo, sono state successivamente convertite in forma numerica al fine di effettuare un'analisi comparativa con l'immagine tridimensionale diritta e priva di ferite dell'uomo della Sindone.
Le rappresentazioni prese in considerazione sono state le seguenti:

-Cristo del Mandylion (VI secolo);
-Cristo della chiesa di Santa Sofia a Salonicco (VII secolo);
-Cristo Pantocratore, Dafni (XI secolo);
-Cristo benedicente, Duomo di Monreale (XII secolo);
-Cristo del Meliore Toscano (XIII secolo );
-Cristo del Monastero di Chilandari (XIII secolo);

La figura 35 riporta due delle suddette icone: quella a sinistra rappresenta Cristo del Mandylion, quella a destra Cristo di Salonicco
I contorni dei vari volti di Cristo, raffigurati nelle suddette icone, sono stati ottenuti con un algoritmo tipico per l'estrazione di contorni, cioé il filtro "di Sobel" che fornisce automaticamente linee di transizione presenti ai confini di strutture a diversa sfumatura di luminanza; in questo modo sono stati estratti l'andamento della piramide nasale, delle arcate sopraccigliari, delle zone orbitarie, delle labbra e della struttura globale del volto. Il confronto per sovrapposizione dei contorni, successivamente resi in pseudo-colore, dei vari volti di Cristo raffigurati nelle icone, evidenzia l'esistenza di lineamenti comuni a conferma dell'unicità dell'immagine di Cristo tramandata nei secoli (Fig. 36).
I tratti caratteristici dei volti delle icone sono stati poi sovrapposti all'immagine tridimensionale diritta e priva di ferite dell'uomo della Sindone. In figura 37 è riportata, come esempio, la sovrapposizione del volto dell'uomo della Sindone e del contorno delle icone di figura 35.
I risultati ottenuti evidenziano un altissimo numero di punti di congruenza tali da far ritenere molto probabile l'ipotesi che il volto dell'uomo della Sindone sia stato il prototipo al quale l'iconografia cristiana si è ispirata almeno a partire dal VI secolo.

In conclusione, l'informatica ha permesso di mettere in evidenza un aspetto intrinseco molto importante dell'immagine della Sindone: la tridimensionalità. Il fatto che alcuni particolari siano emersi dopo l'elaborazione tridimensionale, esclude qualsiasi intervento manuale nella formazione dell'immagine; è infatti inconcepibile che siano stati inseriti particolari che, pur essendo invisibili a occhio nudo, diventino poi visibili solo dopo l'elaborazione.
Sottolineiamo infine come solo l'utilizzo di strumenti informatici abbia permesso di ottenere il probabile volto dell'uomo della Sindone prima del martirio.
Il rilevamento di impronte associabili a una moneta sulla palpebra destra e a un'altra sull'arcata sopraccigliare sinistra, aumenta inoltre la probabilità che la Sindone non sia un artefatto.
La comparazione infine con l'iconografia di Cristo, suggerisce l'ipotesi che la Sindone sia già stata osservata in epoca precedente al Medioevo e abbia ispirato le successive rappresentazioni.

Fig. 35 - Due esempi di icone di Cristo

Fig. 36 - Sovrapposizione dei lineamenti estratti dalle icone

Fig. 37 - Sovrapposizione icone e tratti caratteristici

# Studio dei pollini presenti sul telo

Sul telo sindonico si è accumulata negli anni una grande quantità di materiale estraneo che ha dato origine alla formazione di microtracce, cioè di informazioni non visibili a occhio nudo. Questo materiale è stato analizzato a lungo da studiosi internazionali e in particolare dal botanico e criminologo svizzero Max Frei-Sulzer, direttore della Scuola di Polizia Scientifica della Città di Zurigo. Quando Frei osservò per la prima volta la Sindone nel novembre del 1973, manifestò il suo stupore nell'apprendere che non erano state fino allora condotte ricerche sulla polvere che sicuramente si era depositata sul telo per effetto delle vicissitudini sopportate nei secoli dalla reliquia. In quell'occasione il cardinale Pellegrino, allora custode della Sindone, diede allo studioso l'autorizzazione a iniziare la ricerca in tal senso. Frei indirizzò in particolare la sua attenzione sui pollini presenti sul telo di lino e i successivi studi palinologici lo portarono a lavorare per lungo tempo.

I granuli pollinici si sviluppano nei fiori delle piante; essi sono prodotti all'interno di microcapsule, le cosiddette antere, che si sviluppano sui filamenti variamente colorati disposti attorno agli ovari. I pollini svolgono una funzione essenziale per la vita delle piante: garantiscono la loro riproduzione sessuale. Dal punto di vista strutturale sono costituiti da un'unica cellula che presenta più nuclei, è protetta da una strato impermeabile sia all'acqua sia ai gas atmosferici e assume forme più o meno complesse dette ornamentazioni, sostanzialmente costanti nella stessa pianta, ma diversificate a seconda della specie. Le proprietà biologiche del polline sono comunque demandate alle ornamentazioni e alla composizione chimica della parete cellulare.

L'immagine di un granulo pollinico ingrandito 500 volte al microscopio elettronico a scansione è riportato in Fig. 38.

La forma, le dimensioni e le ornamentazioni di un granulo pollinico costituiscono la carta d'identità della pianta che lo ha prodotto. I granuli, inoltre, resistono e si conservano praticamente inalterati per millenni, per cui si possono trovare anche in grosse quantità nei reperti archeologici e negli strati geologici. La loro eventuale morte li conserva comunque in stato di perfetta riconoscibilità. Le citate caratteristiche rivestono importanza in quanto permettono di ricavare informazioni tali da poter ricostruire, con notevole precisione, le classi polliniche presenti su un dato territorio e di ricavare eventualmente la loro datazione.

I dati relativi ai pollini costituiscono una sorta di "spettro pollinico" che permette di risalire al tipo di pianta e quindi alla flora e alla vegetazione del sito e dell'epoca in cui il polline è stato prodotto. Da quanto detto emerge chiaramente che lo studio dei pollini presenti sulla Sindone può fornire notevoli informazioni in quanto può permettere di dedurre quali vie abbia percorso il telo nel corso dei secoli.

Occorre tuttavia osservare che mentre alcune specie di pollini sono facilmente differenziabili, altre non sono distinguibili una dall'altra, come avviene per esempio quando si voglia differenziare un polline di grano da uno di avena. Può accadere che sia sufficiente per le ricerche in atto, discriminare la specie di appartenenza, ma anche in questo caso si può verificare il caso che specie molto simili vivano in ambienti molto diversi; ne segue che le deduzioni diagnostiche possono condurre a errore.

I problemi accennati determinano la necessità di condurre le analisi diagnostiche su un numero molto elevato di pollini della stessa provenienza; la natura però rende l'indagine complicata in quanto specie diverse possono produrre quantità più o meno elevate di polline. Per esempio le piante che affidano il trasporto del polline al vento, per cui si parla di impollinazione "anemofila", producono una quantità molto maggiore di polline rispetto alle specie "entomofile", che affidano agli insetti il trasporto del polline. Da quanto detto è evidente che la probabilità di trovare su un reperto di tessuto un polline anemofilo sarà decisamente superiore a quella di reperire un polline entomofilo. Occorre inoltre osservare che solo nel caso in cui la flora sia cambiata nel tempo, le informazioni sui pollini possono assumere importanza ai fini della datazione; così pure accade quando si conosca l'epoca dei cambiamenti in modo documentale alternativo.

Per quanto riguarda la Sindone, la scienza dispone dello spettro della flora della Palestina, dell'Anatolia e della Savoia; l'analisi dei dati rileva una stabilità nel corso dei secoli. Frei condusse la ricerca studiando sia le caratteristiche intrinseche dei pollini, quali la dimensione, la forma e il peso, sia le singole zone territoriali di sviluppo delle piante che li producono, prendendo in esame l'aspetto anemofilo e cioè determinando intensità velocità e periodicità dei venti. Gli studi di Frei richiesero notevoli spostamenti a lui e ai suoi collaboratori. Fra gli orti botanici a cui il ricercatore si riferì il più importante è stato quello di Tel Aviv in quanto universalmente riconosciuto come uno dei migliori.

Raccolte le informazioni ad ampio raggio, il passo successivo consistette nella comparazione dei campioni con i granuli di polline prelevati dal telo sindonico per mezzo di speciali nastri adesivi. Dalle prime risultanze, emerse che le piante della Palestina, della Turchia, della Francia e dell'Italia erano presenti sul telo sindonico.

Fig. 38 - Granulo di polline al microscopio

Ulteriori prelievi eseguiti nel 1978 consentirono di ritrovare altri pollini non scoperti nella prima analisi. Volendo classificare i risultati emersi dalle indagini di Frei, occorre formulare due fondamentali considerazioni e cioé affermare che sul telo sono presenti:

- numerosi pollini di tipo entomofili cioé trasportati dagli insetti e appartenenti a specie tipici della Palestina, della regione arabica e dell'Anatolia; meno numerosi sono invece quelli anemofili;
- un numero più esiguo di pollini appartenenti alla vegetazione centro europea con corrispondenza perfetta alla vegetazione di aree montane alpine o a piante coltivate in tali zone.

I dati emersi portano ad escludere che si possano essere verificate grosse contaminazioni, anche se teoricamente possibili, da parte di pollini entomofili trasportati a grandi distanze dai venti e provenienti da zone in cui il telo sindonico non sia mai stato. I pollini delle regioni anatoliche e sirio palestinesi appartengono in parte a specie con l'impollinazione entomofila che producono solo piccole quantità di polline e quindi non possono essere responsabili di una contaminazione dovuta a correnti aeree. I risultati raggiunti da Frei documentano quindi che la Sindone ha realmente soggiornato in Palestina e in Anatolia e, come provato in modo certo, in Savoia e in Piemonte. Poiché la Sindone non si è mai spostata dall'Europa, a partire dal tardo medioevo, viene spontaneo dedurre che il suo viaggio si sia svolto partendo dalla Palestina e dall'Anatolia verso il vecchio continente.

# Le principali ipotesi di genesi dell'immagine

L'immagine sindonica, presente su un solo lato del telo, è poco contrastata, manca di contorni netti ed è di colore monocromo giallo paglierino; l'intensità della colorazione è dovuta alla densità delle fibre colorate, cioé al numero di fibre gialle per unità di area. Sul telo non si riscontra traccia di pigmenti coloranti organici e inorganici, né di alcun composto chimico estraneo alle fibre di lino. Al di sotto delle macchie di sangue è stato accertato che non esiste immagine, a prova del fatto che questa si è formata in istanti successivi all'apporto ematico.

È stato verificato sperimentalmente che, per ottenere un'immagine su un telo occorre che questo sia imbevuto di soluzione di aloe e mirra, sostanze che sono presenti sulla Sindone. Una classificazione delle teorie maggiormente accreditate sulle cause di viraggio colorimetrico del telo, che hanno dato origine all'impronta sindonica, è la seguente:

- teoria del contatto: il corpo dell'uomo della Sindone ha dato luogo alle impronte per contatto diretto con il telo.
- teoria vaporigrafica: i vapori emanati dal cadavere hanno reagito con la soluzione di aloe e mirra;
- teoria dell'energia radiante: energia di vario tipo, come per esempio quella termica o elettromagnetica ha agito sulla soluzione di aloe e mirra.

Occorre sottolineare che le sperimentazioni realizzate dai ricercatori per verificare le ipotesi avanzate, si sono limitate al volto, in quanto per l'immagine globale emergono difficoltà operative di non facile soluzione.

**Fig. 39 - Negativo fotografico del risultato sperimentale di Romanese**

## 5.1 Teoria del contatto

Il professore di biologia Paul Vignon cercò di riprodurre figure di visi e di corpi umani, utilizzando calchi di gesso imbrattati di polveri e di liquidi colorati, messi a diretto contatto con varie tele. Nonostante ripetute prove, non approdò però a risultati soddisfacenti: le figure erano sfumate, di aspetto mostruoso e con proporzioni alterate.

Lo stesso Vignon trasse inoltre la conclusione che l'immagine sindonica, al fine di non modificare l'aspetto fisionomico, doveva essere il frutto di una proiezione ortogonale in cui ogni punto presenta un'intensità inversamente proporzionale alla distanza fra sé e il telo.

Il prof. Ruggero Romanese, direttore dell'Istituto di Medicina Legale e delle Assicurazioni dell'Università di Torino, rielaborò nel 1931 la teoria di Vignon, servendosi dapprima di calchi di gesso e di cera e, successivamente, di cadaveri umani, trattati con polvere di aloe e mirra e soluzione fisiologica.

La figura 39 si riferisce al negativo fotografico di uno dei risultati sperimentali ottenuti da Romanese.

Si può osservare come l'immagine, pur richiamando l'aspetto globale di un volto, non ne riproduca i particolari in quanto la variazione colorimetrica è addensata in vaste aree uniformi.

In modo analogo, il prof. Giovanni Judica Cordiglia, libero docente di medicina legale dell'Università di Milano, ottenne, intorno agli anni '40, immagini sperimentali del volto sindonico. Il ricercatore fece uso però di tele imbevute di una soluzione di trementina e olio di oliva, e di volti cosparsi di miscela polverosa di aloe e mirra (Fig. 40).

Anche in questo caso si nota come l'informazione colorimetrica, che definisce l'aspetto del volto, si presenti sotto forma di agglomerati ad andamento uniforme, dando l'idea di immagine a sbalzi. La motivazione dell'impiego dell'olio di trementina, deriva dal fatto che una componente di questo fu riscontrata fra le sostanze usate come imbalsamanti dagli egiziani e ad esso probabilmente ci si riferisce quando si parla di aromi nelle imbalsamazioni ebraiche. Romanese e Judica Cordiglia non riuscirono però ad ottenere alcuna impronta dei coaguli di sangue, perché questi si impastavano con la polvere e non risultavano netti come sulla Sindone.

Nel 1975 il medico siracusano Sebastiano Rodante iniziò una serie di significativi esperimenti basati su condizioni realizzative il più possibile vicine alla narrazione evangelica: sepolcro scavato nella roccia (a tal scopo si prestavano bene le catacombe di Siracusa), miscela di aloe e mirra. Nei suoi esperimenti diede però forte risalto ad un elemento mai considerato nella storia delle sperimentazioni sulla Sindone: il sudore sanguigno. L'angoscia vissuta da Cristo nel giardino del Getsemani fu responsabile, con molta probabilità, dell'eccezionale e rarissimo fenomeno dell'ematoidrosi, cioé del sudore misto a sangue. Questa considerazione indusse Rodante ad adoperare, nei suoi esperimenti, una soluzione composta da 8-10 parti di sudore e una parte di sangue. Le prove furono condotte su calchi, modellati a similitudine del volto sindonico, spruzzati di sudore di sangue, cosparsi di una polvere di aloe e mirra e infine di coaguli di sangue in determinati punti della fronte e della cornice dei capelli.

L'osservazione che la miscela polverosa impediva l'impressione netta dei coaguli, indusse Rodante ad adoperare teli imbevuti di una soluzione acquosa di aloe e mirra. I risultati ottenuti si avvicinavano in modo suggestivo

**Fig. 40 - Positivo del volto ottenuto da Judica Cordiglia**

Fig. 41 - Negativo fotografico dell'esperimento di Rodante

Fig. 42 - Immagine positiva ottenuta da Intrigillo

all'impronta sindonica in quanto fornivano sia l'immagine negativa del volto sia le impronte dei coaguli.
I risultati più significativi furono ottenuti però con esperimenti basati sul contatto con un telo imbevuto di soluzione oleosa di aloe e mirra, per un periodo di circa trentasei ore.
Le immagini ottenute presentavano però un particolare che le faceva differire da quella sindonica: la zona compresa fra il naso e le guance era priva di impronta, quasi come se il telo fosse stato teso sul volto, senza adattarsi all'andamento dei tratti fisionomici. Riflettendo su questo fatto e riferendosi a quanto riportato dall'evangelista Giovanni, che può far pensare nella sepoltura di Cristo all'esistenza di una mentoniera legata attorno al capo del cadavere, Rodante effettuò allora sperimentazioni con la presenza di una pezza posta tra le guance e i capelli.
La figura 41 riporta un esempio di tale risultato che dimostra come sia possibile ottenere impronte che richiamano quella sindonica, ma che non presentano comunque ancora perfezione strutturale e dettagli informativi come quelli rilevabili sulla Sindone.
Come ulteriore esempio di immagini ottenute per contatto, ci riferiamo alle ricerche svolte da Don Gaetano Intrigillo che realizzò impronte sperimentali utilizzando anch'esso teli, precedentemente immersi in soluzione acquosa di aloe e mirra, posti su un volto in creta, fornito di capelli, barba e baffi umani, spruzzato con sudore e sangue, cosparso di colature ematiche e circondato da una mentoniera (Fig. 42).
Intrigillo mostrò inoltre sperimentalmente che solo su stoffe imbevute di aloe e mirra e successivamente intinte in acqua, è possibile ottenere aloni di aspetto seghettato, del tutto simili a quelli lasciati sulla Sindone dall'acqua usata per spegnere l'incendio di Chambéry. Gli esempi di immagini sperimentali ottenute mettono in evidenza come elemento fondamentale per ottenere impronte corporee, ematiche e di aloni di acqua, sia la presenza di teli precedentemente trattati con aloe e mirra; queste sostanze assurgono a funzione di catalizzatori nel processo di viraggio colorimetrico.

### 5.2 Teoria vaporigrafica

Nel 1902 Paul Vignon formulò una seconda ipotesi, e cioé, che l'immagine potesse essere stata prodotta da emanazioni del corpo. Il fenomeno deriverebbe dalla decomposizione dell'urea, presente nel sudore, in carbonato ammonico e questo, a sua volta, in anidride carbonica, acqua e ammoniaca; la successiva reazione chimica con la miscela di aloe e mirra, impiegata nella sepoltura, produrrebbe variazione colorimetrica.
Un esempio delle immagini ottenute da Vignon è quella di figura 43.
A questa teoria furono mosse numerose critiche che la condussero ad un punto morto; le principali obiezioni sono le seguenti:
1) la trasformazione dell'aloe in carbonato di ammoniaca non avviene immediatamente dopo la morte (anche se la presenza di aloe e di mirra può accelerarla);
2) i vapori cadaverici non sono in grado di produrre effetti costanti e precisi tali da "disegnare" un'immagine della finezza di quella dell'uomo della Sindone;
3) la diffusione post-mortale dei vapori non è mai ortogonale, ma ha una distribuzione polidirezionale;
4) il quantitativo di sudore e di urea evaporato dalla cute cadaverica ben difficilmente avrebbe potuto avere una tale corposità da condizionare la reazione necessaria alla provocazione di impronte su così vasto raggio.
La segnalazione avvenuta nel 1942 da parte di J. Volkringer, dell'Accademia delle Scienze di Francia, di aver constatato nei fogli di vecchi erbari un singolare fenomeno, che descrive come:
"*... le parti anatomiche dei vegetali, vale a dire fiori, steli, foglie, hanno lasciato sui supporti le loro impronte che risultano essere perfetti negativi*".
porta alla deduzione che tali immagini siano imputabili a fenomeni di alterazioni della cellulosa, prodotti da sostanze emanate dai vegetali.

Nel 1978 l'antropologo V. Delfino Pesce, si dichiarò dell'avviso che le immagini della Sindone fossero state artificiosamente ottenute da un falsario con un modello in legno asperso di acido solforico.
Tale ipotesi venne immediatamente confutata dal prof. Pier Luigi Baima Bollone. Lo studioso, autore di numerose indagini ad ampio spettro sulla genesi dell'impronta sindonica, presentò, al II Congresso Internazionale di Sindonologia del 1978, alcuni risultati sperimentali ottenuti mediante l'aspersione di una statua con acido solforico variamente concentrato; la applicazione di teli di lino spigato mise in evidenza che le macchie brunicce ottenute non possedevano alcun aspetto antropomorfo preciso e che l'acido provocava la distruzione del tessuto nei punti di contatto.

### 5.3 Teoria dell'energia radiante

Nel 1934 lo studioso G. B. Alfano richiamò l'attenzione sull'importanza che può avere avuto, nella formazione dell'immagine, il fenomeno della vita residua delle cellule nei tessuti cadaverici, detto "effetto Kirlian", secondo il quale gli organismi viventi sono in grado di assorbire e rendere energia elettromagnetica. Il corpo dell'uomo della Sindone prima di morire, rimase certamente per qualche ora nudo sulla croce ed esposto alla luce solare; le sue cellule avrebbero così assorbito radiazioni che sarebbero state poi emesse dopo la morte dell'organismo.
Ciò che non risulta scientificamente provato, e che peraltro appare estremamente improbabile, è che gli elementi cellulari in estinzione, durante la propria vita residua, abbiano la capacità di cedere un quantitativo di energia tale da riuscire ad impressionare un tessuto di lino.
La stessa teoria è stata successivamente avanzata dai ricercatori D. Willis (1969) e J.L. Carreño Etxeandía (1976) con esplicito riferimento all'energia atomica. L'immagine, secondo i due autori, si sarebbe originata a seguito ed in conseguenza, di una emissione di energia imputabile ad una reazione nucleare che trasformi la materia in energia. Questa teoria non può essere tenuta in considerazione dal punto di vista sperimentale perché non è riproducibile in laboratorio.
Nel 1966 il filosofo britannico Geoffrey Ashe avanzò l'ipotesi del fenomeno di irradiazione di energia termica come responsabile della formazione dell'immagine. Al fine di verificarla, riscaldò un medaglione di bronzo nella cui area centrale era rappresentato un piccolo cavallo, gli sovrappose una tela ed ottenne così un'immagine sfumata color seppia. Il risultato ottenuto lo indusse allora a formulare l'ipotesi che le impronte della Sindone potessero essere semplici bruciature. Nacque così l'idea che l'energia termica fosse capace di produrre alterazioni di forma e di colore a un tessuto di fibre organiche. Ci si rese però subito conto delle difficoltà interpretative di una simile supposizione. L'obiezione maggiore verteva sull'impossibilità di spiegare come l'irraggiamento calorico di un corpo, vivente o cadaverico, in condizione naturale, potesse emanare una quantità di calore tale da bruciare leggermente (con azione rapida se ad alta temperatura, o prolungata se a temperatura più bassa) il tessuto di lino.
Occorre anche osservare che esperimenti di controllo sull'immagine realizzata mediante bassorilievi surriscaldati evidenziarono che le impronte ottenute non erano superficiali alle fibre, ma visibili pure sul retro del tessuto. È stato inoltre dimostrato sperimentalmente che tali impronte non sono indelebili: svaniscono infatti nel tempo quando siano sottoposte all'azione della luce solare. Un bassorilievo bronzeo, portato alla temperatura di circa 220°C ha

Fig. 43 - Immagine vaporigrafica di Vignon

Fig. 44 - Volto ottenuto da Delfino Pesce sul diritto

Fig. 45 - Volto ottenuto da Delfino Pesce sul rovescio

permesso a Delfino Pesce di ottenere un'immagine che però presenta imbrunimento da bruciatura su entrambi i lati della tela di lino (figure 44 e 45); essa svanisce inoltre in poco tempo se sottoposta alla luce solare.
Lo statunitense A.D. Whanger, rifacendosi alla teoria termica di Ashe, ottenne nel 1984 l'immagine di una monetina utilizzando energia elettrostatica. Anche il ricercatore G. B. Judica Cordiglia avanzò, nello stesso anno, l'ipotesi che l'immagine della Sindone si sia prodotta per effetto di campi elettrostatici, poiché si può osservare che un oggetto sottoposto a campo elettrico lascia un'immagine di sé su lastre fotosensibili.
Le macro fotografie eseguite sulla tela nei punti interessati dal potenziale elettrico, evidenziano un processo di ossidazione dei fili con caratteristiche analoghe a quelle riscontrabili sul tessuto sindonico.
Anche gli esperimenti condotti dallo studioso sindonologico Mario Moroni sull'energia elettrica ionizzante evidenziarono il differente comportamento della tela umida rispetto a quella secca: nel primo caso venne riprodotta un'immagine bruciacchiata che penetrò anche sul rovescio, nel secondo, invece, si verificò la formazione di un'immagine di tipo sindonico. Moroni ne dedusse che il campo elettrostatico dovuto a fenomeni naturali si presterebbe alla formazione di un'immagine simile a quella sindonica, nel solo caso che la tela, isolata in superficie dalla mirra o da sostanze oleose, venisse a trovarsi in un luogo completamente privo di umidità.

L'analisi dei risultati ottenuti sperimentalmente, evidenzia che le teorie prese in considerazione, conducono a impronte che solo in modo molto approssimativo possono spiegare il meccanismo di formazione dell'immagine contenuta sul telo sindonico.
Le impronte presenti sulla Sindone costituiscono quindi il risultato di un procedimento scientifico che non è stato a tutt'oggi spiegato completamente né empiricamente né, tantomeno, teoricamente.
I risultati finora ottenuti non contrastano comunque, ma anzi si adeguano, all'ipotesi che l'immagine della Sindone abbia avuto una genesi naturale.
L'intersezione di tutte le caratteristiche positive ottenibili dalle tre teorie, dovrebbe portare ad un'immagine con una ricchezza di particolari maggiormente vicina a quella della Sindone; questo fatto può far ipotizzare un'unica teoria di sintesi che, allo stato attuale non è stata però ancora formulata.
Quanto detto scaturisce dalla considerazione di alcune caratteristiche basilari dell'immagine sindonica che possono essere prese come parametri discriminatori nel confronto con le impronte sperimentali.
Per esempio relativamente all'interessamento delle sole fibre superficiali nella formazione dell'immagine, occorre osservare che ciò non avviene nel caso di utilizzo di calore nonché di soluzioni acide.
L'indelebilità dell'immagine sindonica, provata dal fatto che, nonostante le vicissitudini documentate sulla storia del telo, non sia svanita l'immagine, non è riscontrabile nelle impronte artificiali che risultano invece labili e scompaiono nel tempo.

Per quanto riguarda la tridimensionalità, estratta mediante l'utilizzo di sistemi informatici e studiata dall'équipe da me guidata con le stesse metodologie matematiche utilizzate per la Sindone, dobbiamo segnalare che le immagini per contatto presentano caratteristiche tridimensionali, pur conducendo a rilievi che non hanno armonicità di contenuto, mentre quelle realizzate con energia termica e per corrosione non la posseggono.

Da quanto detto si deduce che lo studio dell'origine dell'immagine sindonica costituisce un campo di ricerca che, al contrario di altri che sono approdati a risultati definitivi, presenta aspetti non ancora analizzati o non legati ad una formulazione scientifica ben definita.

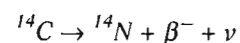




# La datazione con il carbonio 14

Datare la Sindone significa valutare l'età del lino di cui è composto il telo; il problema è stato dibattuto a lungo ma solo nel 1988 è stato preso in considerazione in quanto per la sua realizzazione, mediante il metodo della radiodatazione, occorreva un'eccessiva quantità di campione. L'evoluzione della tecnologia legata a questo tipo di misurazione ha portato poi alla richiesta di ridotte quantità di campione rendendo attuabile il progetto di datazione. Valutare la data del telo significa, dunque, determinare quanto vecchie siano le fibre del lino utilizzato nel manufatto. Il lino è una pianta cioé un composto organico costituito da molecole contenenti atomi di carbonio. I vegetali infatti reperiscono il loro fabbisogno di carbonio dall'atmosfera, fissando l'anidride carbonica in essa presente; il processo di fotosintesi clorofilliana permette poi di trasformare l'anidride carbonica in molecole organiche. Gli animali reperiscono invece dai vegetali le sostanze organiche necessarie per le funzioni vitali. Ne segue che il fabbisogno di carbonio sia per i vegetali sia per gli animali è fornito dall'anidride carbonica presente nell'atmosfera.
È noto che uno stesso elemento chimico si presenta sovente in natura sotto forma di isotopi che sono caratterizzati dallo stesso numero di protoni contenuti nel nucleo ma da un differente numero di neutroni; in questo modo viene cambiata la massa totale dell'elemento chimico. Per caratterizzare questo fatto, il simbolismo utilizzato è ${}^{A}_{Z}N$ dove $N$ indica l'elemento chimico, $Z$ è il numero di protoni nel nucleo e $A$ è la massa atomica definita dalla somma dei protoni $p$ e neutroni $n$ presenti nel nucleo; il numero di elettroni che ruotano attorno al nucleo coincide con quello dei protoni in modo che l'atomo è elettricamente neutro. A titolo di esempio ${}^{1}_{1}H$ è il simbolo dell'idrogeno elementare che ha per nucleo un solo protone; il suo isotopo è il deuterio ${}^{2}_{1}H$ il cui nucleo è costituito da un protone e un neutrone, quindi ha numero atomico $Z$ uguale a 1 e massa atomica $A$ con valore 2. Poiché il numero atomico $Z$ definisce le caratteristiche chimiche dell'elemento, spesso viene omesso e si indica solo il numero di massa $A$; per esempio il deuterio sarà espresso come ${}^{2}H$. Gli isotopi possono essere stabili, cioé non modificarsi nel tempo, oppure instabili e quindi decadere trasformandosi nello stesso elemento con diverso peso atomico oppure addirittura in un altro elemento. Tale trasformazione avviene con emissione di particelle che possono essere opportunamente rilevate. Il numero di particelle, cioé il numero di cosiddetti decadimenti per unità di tempo, che definisce l'attività del campione, permette di risalire al numero di isotopi radioattivi presenti nel campione stesso.
Prendendo in considerazione il carbonio, che è l'elemento sul quale occorre focalizzare la nostra attenzione, esso è costituito in natura per il 98,89% da ${}^{12}C$ che possiede 6 protoni e 6 neutroni e per l'1,11% di ${}^{13}C$ che presenta nel nucleo 6 protoni e 7 neutroni. Questi isotopi sono stabili; in natura esiste però anche una piccolissima percentuale dell'isotopo radioattivo ${}^{14}C$ che ha 6 protoni e 8 neutroni. Il ${}^{14}C$ decade, con emissione di particella $\beta^-$ (cioé un elettrone) e un neutrino $\nu$ (particella

con carica neutra), trasformandosi in un nucleo di azoto $^{14}N$ secondo l'equazione:

$$^{14}C \rightarrow {}^{14}N + \beta^- + \nu$$

Poiché i nuclei di $^{14}C$ sono instabili, occorre che un processo naturale li integri. Tale meccanismo di integrazione avviene ad opera dell'interazione con l'atmosfera terrestre dei raggi cosmici che provengono continuamente dallo spazio interstellare e posseggono elevata energia. Dall'interazione viene prodotto uno sciame di particelle fra cui un certo numero di neutroni liberi; questi vengono immediatamente catturati in alta atmosfera dai nuclei di azoto dell'atmosfera stessa secondo la reazione nucleare così definita

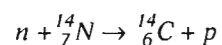
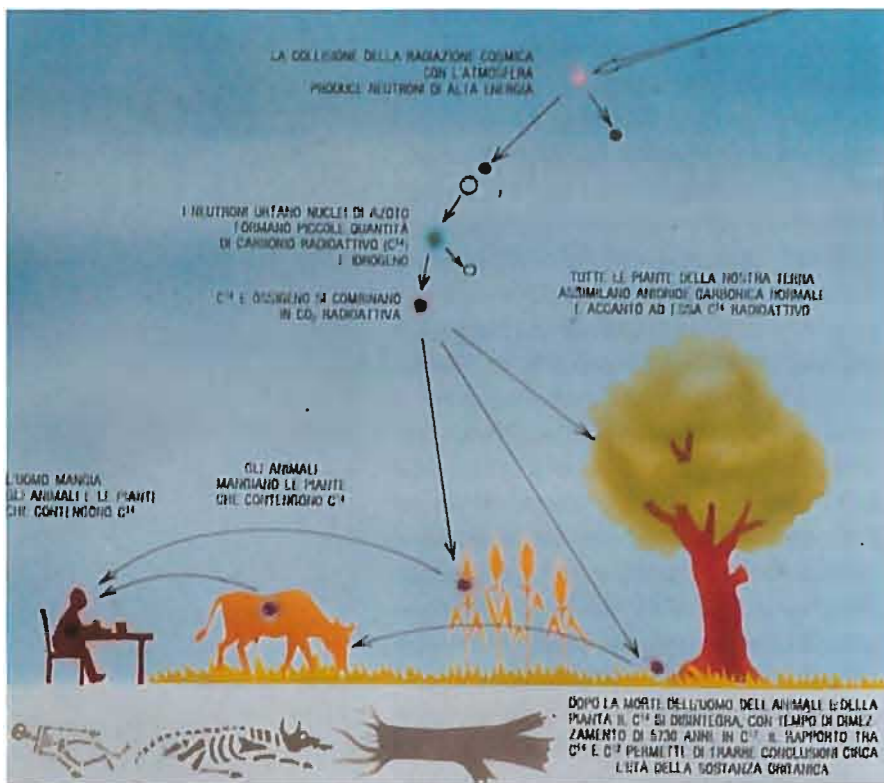
$$n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + p$$

dando in tal modo origine all'isotopo 14 del carbonio (Fig. 46).

**Fig. 46 - Ciclo biologico del $^{14}C$**

L'isotopo $^{14}C$ si ossida in anidride carbonica $CO_2$ e si mescola completamente con gli altri isotopi stabili del carbonio $^{12}C$ e $^{13}C$. La concentrazione di $^{14}C$ nell'atmosfera è di 1 atomo ogni mille miliardi di atomi di. La presenza di questa piccola frazione di $^{14}C$ radioattivo, di cui si possono contare i singoli decadimenti che interessano comunque una frazione piccolissima dei nuclei di $^{12}C$ presenti (si calcolano solo 13,5 decadimenti al minuto su 58 miliardi di atomi di $^{14}C$ presenti in un grammo di carbonio), permette di determinare la datazione di un campione di origine organica. Questo è reso possibile dal fatto che il carbonio atmosferico e quindi una piccolissima frazione di $^{14}C$ entra a far parte del ciclo biologico di tutti gli esseri viventi. Con la morte di ogni organismo vivente cessa l'assimilazione e lo scambio del carbonio con l'atmosfera; ne segue che la concentrazione di carbonio $^{14}C$ presente nei residui organici incomincia lentamente a diminuire. Per determinare la datazione di una sostanza organica non vivente è allora sufficiente calcolare il numero di radioisotopi residui dopo un tempo t. Il calcolo si basa sulla cosiddetta legge del decadimento radioattivo; questa stabilisce che il numero di decadimenti in un intervallo $\Delta t$ diminuisce con il tempo in modo proporzionale al numero di nuclei radioattivi residui $N(t)$ rimasti al tempo $t$ e all'intervallo di tempo $\Delta t$ ed è inversamente proporzionale a una costante di tempo $\tau$, detta vita media del decadimento che caratterizza il tipo di decadimento; in formula

$$\Delta N(t) = -\frac{N(t)}{\tau}\Delta t$$

Da quanto detto segue che il numero di atomi radioattivi residui al tempo t decresce secondo la seguente legge esponenziale:

$$N(t) = N_0 e^{\,t/\tau}$$

Si definisce come tempo di dimezzamento l'intervallo di tempo dopo il quale il numero di nuclei radioattivi presenti nel campione si è ridotto della metà; la relazione è cioé:

$$T_{1/2} = ln2\tau = 0.693\tau$$

Trascorso un intervallo di tempo pari a un tempo di dimezzamento, la quantità di $^{14}C$ presente inizialmente si riduce della metà, dopo due tempi di dimezzamento di un fattore 4 e così via.

L'attività di un campione è definita come

$$A(t) = \frac{1}{M}\left|\frac{dN(t)}{dt}\right| = \frac{1}{M}\frac{N_0}{\tau}e^{-t/\tau} = \frac{1}{M}\frac{N(t)}{\tau}$$

dove $M$ è la massa del campione e $N(t)$ corrisponde al numero di atomi radioattivi. L'andamento di $A(t)$ in funzione del tempo è mostrata in figura 47, nel caso del $^{14}C$ che ha un tempo di dimezzamento

$$T_{1/2} = (5730 \pm 40)\ anni$$

cui corrisponde una vita media di

$$\tau = (8270 \pm 58)\ anni$$

L'analisi della curva evidenzia che dopo 2000 anni vi è ancora il 71% degli atomi iniziali di $^{14}C$. Si ricava che l'età di un campione è data da:

$$età = \frac{T_{1/2}}{ln2}\, ln\frac{A_0}{A(t)}$$

dove $A_0$ rappresenta l'attività di un campione standard della stessa massa del campione in esame e di radioattività nota.

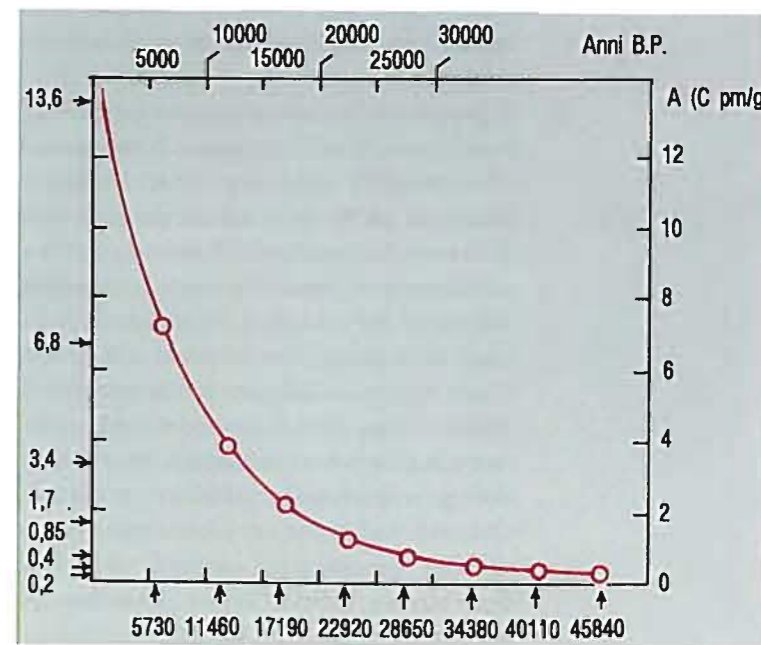
Il conteggio delle radiodisintegrazioni avviene misurando gli elettroni $\beta^-$ prodotti dal decadimento. La figura 47 riporta la curva di decrescita esponenziale della radioattività di un grammo di carbonio naturale in funzione dell'età del campione, misurata in anni a partire dall'epoca attuale (B.P. Before Present). L'attività A è misurata in conteggi al minuto per grammo di carbonio; nella curva si è assunto $T_{1/2} = 5570\ anni$.

Dal punto di vista pratico il campione da analizzare viene dapprima purificato con opportuni reagenti chimici e successivamente trasformato in un composto gassoso (per esempio anidride carbonica) e inserito in un opportuno contatore.

La misura è affetta da un'incertezza dovuta alla fluttuazione statistica dei conteggi in successivi intervalli di tempo. È stato determinato che per campioni recenti, cioé di età non superiore a 5000 anni, l'incertezza della determinazione può essere contenuta in ±100 anni.

Il metodo dei radioconteggi richiede normalmente che la massa del campione sia almeno di 50 mg.

Esistono delle difficoltà intrinseche nel metodo di datazione. Nell'ultimo secolo la quantità di $^{14}C$ presente nell'atmosfera è stata notevolmente influenzata da alcuni fattori. Il primo è dovuto alla grande quantità di prodotti di combustione di carbon fossile o di petrolio immessi nell'atmosfera. Il secondo consiste nell'aumento artificiale di neutroni a

**Fig. 47 - Curva di decadimento del carbonio radioattivo**

causa delle esplosioni in atmosfera di bombe nucleari, con conseguente incremento della radioattività in carbonio atmosferico. Il disastro di Chernobyl ha ulteriormente modificato le condizioni di radioattività. Queste due fonti di inquinamento non hanno comunque influenza sulla misura della datazione di reperti organici provenienti da esseri vissuti fino a un secolo fa. Va detto però che per effetto di un forte inquinamento atmosferico si possono verificare casi eccezionali; ne è esempio il caso delle foglie di platano che raccolte a Roma un anno prima della datazione, apparivano vecchie di 400 anni.

Per quanto riguarda i raggi cosmici occorre osservare che la loro attività è mutata a seguito dei brillamenti solari e della variazione del campo magnetico terrestre. Questo fatto conduce a un disaccordo fra l'età misurata, supponendo costante l'attività dei raggi cosmici, e quella nota per altra via; l'età ottenuta con il $^{14}C$ conduce a un ringiovanimento del reperto.

Per compensare l'errore introdotto da tali modificazioni della radioattività atmosferica, si può far uso della dendrocronologia che calcola l'età di un albero contando il numero di anelli dovuti alla crescita primaverile; ogni anello è associabile alla quantità di carbonio catturato dall'atmosfera.

Il prelievo del campione di tessuto sindonico necessario alla radiodatazione è avvenuto il 21 aprile 1988 nella sacrestia del Duomo di Torino da un'équipe costituita dai professori F. Testore, L. Gonella del Politecnico di Torino (quest'ultimo aveva la carica di assistente scientifico del Custode della Sindone), da G. Riggi di Numana, alla presenza di S. Em. il Card. Anastasio Ballestrero, Arcivescovo di Torino e Custode della Sindone. Per l'apertura della teca erano presenti sia alcuni sacerdoti sia rappresentanti del Ministero dei Beni Culturali. La funzione di supervisore e garante delle operazioni era svolta da M.S. Tite, direttore del British Museum, accompagnato dai responsabili dei tre laboratori di Tucson, Ginevra, Oxford incaricati dell'esecuzione degli esami. Gli esponenti dei laboratori erano i professori E.T. Hall e R.M. Hedges dell'Università di Oxford, W. Woelfli del politecnico di Zurigo, P.E. Damon e D.J. Donahue dell'Università di Tucson (Arizona). Era presente inoltre il prof. G. Vial del Museo dei Tessuti e del Centro Internazionale di Studio dei Tessuti Antichi di Lione.

La zona interessata al prelievo è stata un sito posto in alto sinistra del telo sindonico adiacente a quello di un precedente prelievo effettuato dal professor Raes nel 1973. Si tratta di un sito con grossa contaminazione, sia perché nelle immediate vicinanze di una parte carbonizzata durante l'incendio del 1532 che riporta anche vistosi segni d'acqua, sia perché prossimo a un angolo dal quale la Sindone veniva tenuta durante le ostensioni.

La striscia di tessuto di 1 x 7 cm circa e di massa 300 milligrammi è stata successivamente tagliata in due; una delle metà è stata poi divisa in tre parti che il Cardinale Ballestrero ha personalmente consegnato ai rappresentanti dei tre laboratori; ciascuno di essi disponeva quindi di circa 50 milligrammi di tessuto sindonico. I campioni di controllo consegnati ai laboratori sono stati due tessuti di lino, uno proveniente dalla Nubia e datato al dodicesimo secolo e l'altro dalla tomba di Cleopatra in Tebe e radiodatato fra l'anno 110 e il 75 a.C.

I risultati delle analisi, anticipati dalla stampa internazionale, furono resi pubblici solo il 13 ottobre dal Cardinale Ballestrero in un'affollata conferenza stampa: la radiodatazione della Sindone aveva posto la sua età in un periodo compreso fra il 1260 e il 1390 dopo Cristo con un livello di confidenza del 95%. Il risultato ottenuto escludeva così che il telo potesse aver avvolto il corpo di Cristo deposto dalla croce. Il Cardinale Ballestrero sottolineava comunque che "nel rimettere alla scienza la valutazione di questi risultati, la Chiesa ribadisce il suo rispetto e la sua venerazione per questa veneranda icona di Cristo che rimane oggetto del culto dei fedeli in coerenza con l'atteggiamento da sempre espresso nei riguardi della S. Sindone, nella quale il valore dell'immagine è preminente rispetto all'eventuale valore di reperto storico. Nello stesso tempo i problemi dell'origine dell'immagine e della sua conservazione restano ancora in gran parte insoluti ed esigeranno ulteriori ricerche e ulteriori studi, verso i quali la Chiesa manifesterà la stessa apertura, ispirata dall'amore per la verità, che ha mostrato permettendo la datazione al radiocarbonio non appena le fu sottoposto un ragionevole piano operativo in proposito".

Il responso scatenò un coro di proteste e di contestazioni sulla procedura adottata e sul comportamento tenuto dai tre laboratori ,durante e al termine degli esami. L'accusa più grave mossa è che siano stati datati non campioni di Sindone, ma reperti medievali scambiati in modo fraudolento con quelli sindonici. Questo sospetto è stato alimentato da una serie di fatti, di carenze e di leggerezze abbastanza inverosimili per tre quotati laboratori. Per esempio la metodologia utilizzata non è stata presentata immediatamente, ma occorre aspettare il convegno internazionale tenutosi a Parigi nell'anno successivo, in cui vengono forniti i dati con grossolani errori come la somma delle masse dei campioni che non coincideva con quella totale. Occorre attendere ancora molti mesi perché compaia sulla rivista Nature l'articolo a nome dei ricercatori dei tre laboratori. Anche in questo caso però emergono discrepanze nella metodologia che avrebbe dovuto essere adottata e nella scelta dei valori dei parametri utili per la definizione analitica che porta alla datazione.

Un aspetto a monte degli esami effettuati è il protocollo del prelievo e dell'organizzazione del lavoro. I tre laboratori hanno imposto la loro presenza all'atto del prelievo vanificando così la datazione alla cieca ; quando poi i rappresentanti del Cardinale Ballestrero hanno chiesto di assistere agli esami, la loro possibilità di partecipazione è stata negata. Dal punto di vista legale una qualsiasi analisi eseguita in assenza della controparte è disattesa dai tribunali.

Anche la fuga di notizie diversi mesi prima della consegna ufficiale dei risultati e la presenza della BBC all'apertura dei contenitori dei campioni, sono stati elementi decisamente negativi che hanno fatto pensare alla malafede.

Occorre però pensare che se fosse provata una frode di tale tipo, la credibilità nel mondo scientifico internazionale dei tre laboratori subirebbe un tracollo rendendoli così non più affidabili.

Dal punto di vista puramente scientifico sono emersi una serie di considerazioni sulla necessità di condurre esami multidisciplinari complementari a quelli del radiocarbonio, con lo scopo di fornire una risposta ai quesiti relativi al tipo e alla quantità di sostanze inquinanti presenti sui campioni, nonché alla presenza di fili estranei al tessuto dovuti a microrammendi eseguiti nel passato. Relativamente al primo punto si evince dalle dichiarazioni fornite dai partecipanti al prelievo che è stato necessario eliminare una parte del campione perché era evidente l'esistenza di sostanze estranee.

Oltre alle cause che sono state precedentemente analizzate esistono altre situazioni in cui la datazione mediante il metodo del radiocarbonio può condurre a conclusione errate o che comunque devono essere interpretate alla luce di considerazioni al contorno. Fra queste occorre considerare la presenza di sostanze estranee sul reperto in esame. A tal proposito è recente la ricerca svolta dal Dr. Garza Valdes, ricercatore dell'Università di St. Antonio del Texas; questi ha rilevato la presenza di microrganismi viventi, del genere Lichenothelia, su reperti archeologici. Lo stesso ricercatore sostiene che l'esame di un reperto sindonico proveniente (in forma non autorizzata) dal campione prelevato nel 1988 ha rilevato l'esistenza di notevole quantità di Lichenothelia Varnish, che giustificherebbero

il ringiovanimento del tessuto della Sindone. Purtroppo, data la non certificata provenienza dei campioni, questi risultati acquistano una scarsa validità.
Una ricerca di notevole interesse che spiegherebbe il ringiovanimento del telo sindonico per effetto dell'incendio del 1532, è in corso di sviluppo ad opera del Dr. A. Kouznetsov direttore del centro di ricerca S.A. Sedov Biopolymer Research Laboratories con sede a Mosca. La ricerca ha evidenziato che i tessuti di lino sottoposti all'azione di alte temperature, in presenza di prodotti della combustione quali vapore acqueo anidride carbonica e ossido di carbonio e con la traccia di ioni di argento che fungono da catalizzatori, fissano il carbonio contenuto nei gas di combustione. Ne segue che il telo viene virtualmente ringiovanito; la Sindone sottoposta nell'incendio di Chambery a una simile situazione ambientale, si sarebbe quindi arricchita di carbonio dando così luogo a un ringiovanimento all'atto dell'esame radiocarbonico.
I lavori sviluppati dal ricercatore sono stati pubblicati su riviste scientifiche ma necessitano di ulteriori verifiche, in quanto alcuni tentativi di riprodurre i fenomeni non hanno condotto a risultati soddisfacenti.
Occorre però muovere alcune critiche a tale sperimentazione e cioé: le reazioni chimiche coinvolte nel processo non sono perfettamente definite e il fenomeno dal punto di vista fisico non è spiegabile. La ricerca ha inoltre provato che i tessuti di lino di reperti archeologici forniscono risultati analitici differenziati rispetto a quelli di campioni più giovani. Tali differenze sarebbero imputabili all'azione catalitica degli enzimi di vari tipi di microrganismi presenti su campioni di tessuto non sterili. Un microrganismo citato da Kouznetsov è il Lichenothelie. Per sperimentare quanto sopraddetto, il ricercatore ha sottoposto antichi lini a forme di inquinamento, utilizzandoli come filtri per aria; i microrganismi trattenuti nelle fibre del lino hanno spostato la datazione verso valori più recenti.
Il lavoro del ricercatore moscovita evidenzia quindi la possibilità di fissazione del carbonio su tessuti di lino anche dopo la fine del ciclo vitale della pianta. I risultati riportati devono trovare ancora conferma fisico chimica ma, se veri, sarebbero adattabili alla Sindone che certamente per notevoli periodi di tempo è stata sottoposta ad agenti inquinanti del tipo a microrganismo.
In conclusione, la datazione della Sindone mediante il radiocarbonio costituisce uno spunto di notevole interesse che coinvolge le discipline fisiche e chimiche; queste dovrebbero dar vita a una serie di esami interdisciplinari, in modo da non trarre frettolose conclusioni sulla base di un solo esame, condotto in modo da non tener conto delle condizioni al contorno.



# La probabilità applicata all'immagine

Gli studi interdisciplinari condotti sul telo sindonico hanno evidenziato caratteristiche peculiari dell'impronta, il tipo di materiale presente sul telo e i dettagli della lettura medico legale e antropologica.
Sappiamo che è esistito un personaggio storico di nome Gesù, di cui parlano numerosi testi storici tra i quali giocano particolare importanza i quattro Vangeli canonici. Sappiamo anche che Gesù ha subito il martirio della crocifissione e ne abbiamo traccia proprio nei testi storici. Il problema che ci si pone, allora è di verificare l'attendibilità della lettura medico legale relativa al martirio subito dall'uomo che è stato avvolto nel telo sindonico, in relazione alla morte di Gesù Cristo. In altre parole ci si pone la domanda se sia possibile identificare l'uomo della Sindone con Gesù Cristo.
La risposta può essere formulata esclusivamente in termini probabilistici che si basano su considerazioni di tipo oggettivo. Occorre pertanto riferirsi al concetto di probabilità che si verifichi un fatto, un fenomeno, un evento.
La probabilità che un dato evento si verifichi viene espressa da un numero compreso fra 0 e 1; zero esprime l'impossibilità, mentre uno definisce la certezza. Ciò significa che quanto più il verificarsi di un evento assume un valore di probabilità prossimo ad 1, tanto più l'evento è probabile; viceversa se il valore è prossimo a 0, l'evento è altamente improbabile. Per capire meglio il concetto, supponiamo per esempio di lanciare una moneta: la probabilità che si ottenga un prescelto lato della moneta è data da 1/2, cioé il rapporto fra il numero di casi favorevoli e il numero di casi possibili. Il lancio di un dado invece fornisce la probabilità di 1/6 associata al presentarsi di una data faccia. Il lancio contemporaneo della moneta e del dado è costituito, in realtà, da due eventi indipendenti: uno associato alla moneta, l'altro al dado. Ne segue che la probabilità che si presenti contemporaneamente un dato lato della moneta e una prestabilita faccia del dado è definita dal prodotto delle singole probabilità; otteniamo cioé 1/2 x 1/6 e quindi 1/12.
Per arrivare ad esprimere la probabilità che la Sindone sia il lenzuolo in cui fu deposto il corpo di Gesù Cristo, occorre prendere in esame le più significative caratteristiche comuni desumibili dall'analisi dell'immagine dell'uomo della Sindone e da quanto si può rilevare dai Vangeli, relativamente alla passione di Gesù Cristo. Tali caratteristiche devono essere fra loro indipendenti e a ciascuna deve essere attribuita una probabilità, espressa in termini di rapporto, fra la stima più verosimile dei casi favorevoli (cioé dei crocifissi che possono aver posseduto quella caratteristica) ed il numero totale dei casi possibili (cioé di tutti coloro che hanno subito il supplizio della crocifissione).
Il primo ricercatore che ha affrontato questo problema è stato il biologo e zoologo francese Yves Delage, membro dell'Accademia delle Scienze di Parigi e professore alla Sorbona; questi infatti, negli anni immediatamente successivi alla fotografia del Pia, insieme a due suoi collaboratori Paul Vignon e René Colson, si dedicò ad uno studio dettagliato della Sindone.
I risultati degli studi condotti, che identificavano l'uomo della Sindone con Gesù Cristo furono presentati il 21 aprile 1902 all'Accademia delle Scienze di Parigi.

Nel 1972 l'ingegnere francese Paul de Gail riprese e perfezionò le considerazioni svolte settant'anni prima da Yves Delage.
Alcuni anni fa il Professor Tino Zeuli, dell'Università di Torino, ha ampiamente commentato, sulla rivista Sindon, edita dal Centro Internazionale di Sindonologia, le ricerche dei due studiosi francesi, sottolineando con ricchezza di argomenti, l'assoluto rigore scientifico del metodo da loro usato.
Negli anni successivi il professor Bruno Barberis, dell'Università di Torino, presidente del suddetto centro, ha ripreso e completato gli studi iniziati dai ricercatori menzionati, apportando le considerazioni a cui si fa cenno nel seguito.
Esaminiamo ora le probabilità associate a sette caratteristiche particolarmente significative che legano l'impronta dell'uomo della Sindone al martirio di Gesù Cristo; esse sono:
1) entrambi sono stati avvolti in un lenzuolo funebre dopo la morte per crocifissione. È noto che nella maggior parte dei casi i cadaveri dei crocifissi venivano abbandonati sulla croce stessa agli animali selvatici, o al più sepolti in fosse comuni, tenendo anche presente il fatto che la storia ci tramanda soprattutto esempi di crocifissioni di massa. Non molti crocifissi possono quindi aver avuto una regolare sepoltura e possiamo pertanto attribuire a questo evento la probabilità di 1/100.
2) Su entrambi è stato posto sul capo un casco di spine. Questo fatto è veramente eccezionale e non si hanno documenti che riportino una tale usanza né, presso i romani né presso altri popoli.
Attribuiamo a questo evento una probabilità molto bassa che valutiamo in 1/5000.
3) Il "patibulum" ha pesantemente gravato sulle spalle di entrambi. Il trasporto del "patibulum" da parte del condannato non avveniva certamente in tutte le crocifissioni in quanto, soprattutto in quelle di massa, si utilizzavano per esempio alberi; sull'uomo della Sindone sono presenti escoriazioni che fanno pensare al trasporto del braccio orizzontale della croce. È ragionevolmente corretto assegnare a questo evento la probabilità di 1/2.
4) Utilizzo di chiodi per la fissazione sulla croce. Questa prassi era riservata a crocifissioni ufficiali o per lo meno a quelle effettuate utilizzando il "patibulum" e lo "stipes" (cioè il braccio verticale sul quale veniva fissato il "patibulum"). Tuttavia sembra plausibile attribuire a questo evento la probabilità di 1/2.
5) L'uomo della Sindone presenta una ferita da arma da taglio al costato destro, inferta a morte già avvenuta, mentre non presenta fratture alle gambe. Questo è un fatto piuttosto raro, poiché era assai comune l'usanza di spezzare le gambe ai crocifissi per accelerarne la morte (il cosiddetto "crurifragium"). Il Vangelo di Giovanni narra che Gesù è stato colpito al costato con una lancia a morte avvenuta, ma non gli furono spezzate le gambe.
Possiamo attribuire a questo evento la probabilità di 1/10.
6) L'uomo della Sindone è stato avvolto nel lenzuolo appena deposto dalla croce, senza che venisse effettuata alcuna operazione di lavaggio del cadavere. Alcuni aromi, come aloe e mirra, che hanno funzione antisettica e antiputrefattiva, sono stati però posti sul lenzuolo, come è stato dimostrato dal ritrovamento sulla Sindone di tali sostanze.
Gli usi dell'epoca prevedevano, per una regolare sepoltura la lavatura, l'unzione con aromi e la vestizione del cadavere. Nel caso della Sindone sono intervenuti fattori esterni che hanno condotto ad una sepoltura frettolosa, in attesa della sepoltura definitiva. Anche Gesù Cristo è stato avvolto in un lenzuolo e posto in un sepolcro subito dopo la deposizione dalla croce, a causa della necessità di compiere tale operazione prima del sopraggiungere della sera, quando sarebbe iniziata la Pasqua ebraica durante la quale nessun lavoro manuale poteva essere eseguito.
La rarità di questo evento conduce ragionevolmente ad attribuirgli la probabilità di 1/20.
7) La Sindone reca l'impronta del cadavere di un uomo, ma non tracce di putrefazione.





Il processo di decomposizione cadaverica inizia dopo circa trenta ore dalla morte. Si è verificato sperimentalmente che per ottenere un'impronta è necessario che il cadavere stia dentro il lenzuolo almeno ventiquattro ore, ma affinché l'immagine, una volta formatasi, non sia distrutta dal processo di decomposizione è necessario non superare una permanenza entro il lenzuolo di più di due giorni. Questo fatto è sorprendente poiché sembra assurdo deporre un cadavere in un lenzuolo per poi toglierglielo dopo così poco tempo.
Anche Gesù Cristo è stato avvolto in un lenzuolo subito dopo la deposizione dalla croce e, dopo un lasso di tempo non superiore a quaranta ore, nel sepolcro fu ritrovato il solo lenzuolo, mentre il cadavere non c'era più.
Possiamo pertanto attribuire a questo evento almeno la probabilità di 1/500.
Passiamo ora a valutare la probabilità che questi sette eventi, fra loro indipendenti, si siano verificati contemporaneamente, cioè che queste sette caratteristiche si trovino riunite su uno stesso uomo che abbia subito il supplizio della crocifissione. Si ottiene così che la probabilità complessiva è data dal prodotto delle sette singole probabilità, ossia:

100 x 5000 x 2 x 2 x 10 x 20 x 500 = 200000000000

Ciò significa che su 200 miliardi di eventuali crocifissi ve ne può essere stato uno solo che abbia posseduto le sette caratteristiche considerate dell'uomo della Sindone.
Il supplizio della crocifissione fu introdotto nella storia dai persiani verso il 500-600 a.C. Successivamente fu usato in particolare, da Alessandro Magno, dai Cartaginesi e dai Romani, nei confronti di schiavi, briganti, disertori, ladri, ribelli sia in guerra sia in pace. Solo rarissimamente furono condannati alla crocifissione cittadini romani. Il supplizio della crocifissione non fu invece usato dagli Assiri, dagli Egizi e dai Greci in patria. Dopo il 314 d.C. Costantino abolì ufficialmente la crocifissione, benché alcuni sostengano che la prassi della crocifissione sia documentata anche in epoche successive e in particolare presso i Persiani nel VI-VII secolo. Sintetizzando, la crocifissione fu utilizzata nell'area del Mediterraneo e nel Medio Oriente per un periodo non superiore ad un millennio.
La valutazione statistica degli abitanti di tutto l'Impero Romano nel suo periodo di maggior splendore, ovvero nei primissimi anni dell'era cristiana (esso si estendeva allora su una superficie di circa 3.300.000 km²), è valutato in circa 60 milioni. La stima per eccesso del numero di persone vissute nell'area del Mediterraneo e nel Medio Oriente, nel millennio che corrisponde all'uso della crocifissione, può essere valutata in due miliardi. Potremmo infine stimare, con grande eccesso, che al massimo un abitante su cento abbia subito la crocifissione; aumentiamo pure tale numero a uno su dieci. Otteniamo così un numero di possibili uomini crocifissi che non supera di certo i duecento milioni.
Possiamo allora moltiplicare la probabilità ottenuta precedentemente per il numero di abitanti; ricaviamo il valore:

$$\frac{1}{200.000.000.000} \times 200.000.000 = \frac{1}{1.000}$$

notevolmente inferiore a uno. Ciò significa che la probabilità associata al numero di uomini che in assoluto (cioè su tutti i crocifissi di ogni tempo) possono avere posseduto le stesse caratteristiche dell'uomo della Sindone è notevolmente inferiore a uno. L'uomo della Sindone, pertanto, non può che essere stato unico cioé, non può essere esistito "un altro uomo della Sindone". Ne segue che, per la coincidenza delle sette caratteristiche prese in considerazione è altissima la probabilità che l'uomo della Sindone sia Gesù Cristo.

# La storia della Sindone

La storia della Sindone può essere divisa in due periodi: uno altamente documentato, che spazia dal 1353 ai giorni nostri e un altro, con prove a volte molto labili, che si muove nei primi tredici secoli. La figura 1 riporta il percorso della Sindone nei viaggi documentati e in quelli presunti; per i primi le tappe sono Lirey, Chambéry e Torino, mentre per le seconde ci si muove da Gerusalemme verso Edessa e Costantinopoli.

Della Sindone oggi conservata a Torino si incomincia a parlare in modo assolutamente certo e senza interruzione dal 1353, quando a Lirey, piccolo paese della diocesi di Troyes, non lontano da Parigi, il conte Geoffroy I de Charny, valoroso cavaliere e uomo di profonda fede, risulta in possesso del telo che espone al culto come reliquia della morte di Gesù. Non esistono fonti documentali che spieghino il modo con cui Charny sia venuto in possesso della Sindone; questa veniva custodita in una chiesa intitolata all'Annunciazione della Vergine Maria. Documenti storici dell'epoca affermano l'avversità alla Sindone da parte del Vescovo di Troyes, Pierre d'Arcis, che la considerava opera manuale della quale si era addirittura scoperto e identificato l'artefice; il vescovo ne proibì le ostensioni, pena la scomunica. Successivamente Clemente VII, antipapa di Avignone, autorizzò le ostensioni che non dovevano però avere una veste solenne ed essere accompagnate inoltre dalla dichiarazione che la Sindone era una non ben definita "rappresentazione" del Signore. Geoffroy I cadde eroicamente in battaglia nel 1356; il figlio Geoffroy II ebbe la figlia Marguerite che rimase vedova nel 1438. La donna, sola e senza prole, si mise a viaggiare in diversi luoghi d'Europa, probabilmente alla ricerca di una sistemazione e nel suo peregrinare ostense più volte la Sindone. Giunta poi alla corte dei duchi di Savoia, nel 1453 cedette loro la proprietà della reliquia a fronte di un corrispettivo in denaro. Da quella data Casa Savoia difese i propri diritti di proprietà del telo fino al 1983, quando, per volontà di Umberto II, venne ceduta alla Santa Sede nella persona del Sommo Pontefice.

Fig. 48 - Possibile percorso della Sindone da Gerusalemme a Torino.

I Savoia, consci della preziosità della reliquia, portavano sempre con loro il telo durante l'itinerare della Corte presso i vari castelli; per il trasporto, la Sindone veniva posta in un cofano e ripiegata più volte al fine di occupare poco spazio. Il telo giunge così in Piemonte per la prima volta nel 1478, con una probabile ostensione a Pinerolo e poi nuovamente nel 1488, mentre nel 1494 compare a Vercelli e nel 1498 risulta essere a Torino. Nel 1502 la Sindone viene trasferita a Chambéry nella Sainte-Chapelle e nel 1506 Papa Giulio II ne permette il culto liturgico ponendone la festa il 4 maggio, e concedendo alla cappella il titolo di Sainte Chapelle du Saint Suare. In questa cappella, nella notte del 4 dicembre 1532, scoppia un violento incendio che provoca danni visibili sul telo sotto forma di due evidenti linee scure parallele. Due anni più tardi, cioè tra il 15 aprile e il 2 maggio del 1534, le suore Clarisse di Chambéry riparano le parti incendiate, applicando rappezzi triangolari ottenuti con tele di vario tipo. Nella stessa occasione la Sindone venne cucita su una tela d'Olanda, con lo scopo di rinforzarne la struttura; ancora oggi questa tela fodera la faccia posteriore della Sindone. Nel 1536 i Francesi occuparono Chambéry e poi Torino; questo evento costrinse il duca Carlo II ad abbandonare i suoi stati fino a raggiungere Milano ove ebbe luogo un'ostensione; nell'anno successivo il rifugio del duca fu Nizza. Il duca si trasferì poi a Vercelli dove morì nella notte tra il 16 e il 17 agosto del 1553: la Sindone era stata posta in una cappella laterale del duomo della città e rischiò di essere trafugata dalle truppe francesi che avevano colto di sorpresa la città. Fu salvata per la prontezza di spirito e il coraggio del canonico della cattedrale Antonio Costa. Il duca Emanuele Filiberto tornato in possesso di parte delle terre che il padre aveva perduto, riportò la Sindone a Chambéry nel 1561; questi spostò poi il centro di comando dello stato, da Chambéry a Torino e la Sindone giunse ivi il 14 settembre 1578. La scusa ufficiale fu quella di voler abbreviare il faticoso viaggio di S. Carlo Borromeo, che la voleva venerare in adempimento del voto fatto per la liberazione di Milano dalla peste. A Torino la Sindone trova varie sistemazioni, finché il 1 giugno del 1694 viene collocata nella sontuosa Cappella costruita su disegno dell'Abate Guarino Guarini. In questa occasione il beato Sebastiano Valfrè esegue la riparazione di alcuni punti sfilacciati del tessuto. La permanenza torinese della Sindone è documentata dalle ostensioni del 4 maggio e da quelle che accompagnavano i momenti più importanti della vita della famiglia Savoia come l'ascesa al trono, i matrimoni e i battesimi A queste ricorrenze si aggiungono quelle volute per la presenza di personalità o per eventi straordinari.

Quando Torino nel 1706 subisce l'assedio da parte dei Francesi, sfociato nell'episodio di Pietro Micca, la Sindone abbandona la città seguendo la famiglia ducale che raggiunge dapprima Oneglia e poi, via mare, Genova. Qui il telo viene posto in un palazzo poco distante dalla chiesa di San Bartolomeo degli Armeni, dove si conserva tuttora una effigie che richiama fortemente la Sindone.

Ritornata a Torino, la Sindone viene ostensa il 20 maggio del 1814 per celebrare il ritorno dei legittimi Sovrani negli Stati. Fra le varie ostensioni che seguirono, quella importante è datata 1898, anno del matrimonio di Vittorio Emanuele III, con Elena di Montenegro. L'ostensione venne aperta il 25 maggio e si chiuse il 2 giugno; il 25 maggio l'avvocato Secondo Pia, incaricato ad eseguire la prima fotografi ufficiale della Sindone, scattò due fotografie di prova formata 21x27 sulle quali veniva messo in evidenza il carattere di negatività dell'immagine. Il 28 maggio, Pia eseguì altre due fotografie di prova e poi quattro lastre definitive di formato 50x60; l'avvenimento die-

de vita agli studi scientifici interdisciplinari sulla Sindone. La scoperta della caratteristica di negatività dell'impronta, concetto nato intorno al 1840 con l'invenzione del procedimento fotografico, poneva infatti in evidenza che non poteva trattarsi di un falso pittorico. Nel 1931 la Sindone è nuovamente fotografata dal Cav. Giuseppe Enrie in occasione dell'ostensione voluta per celebrare le nozze di Umberto di Savoia con Maria Josè del Belgio. Le fotografie ottenute da Enrie confermarono i risultati di Pia. Due anni dopo, nel 1933, vi fu un'altra ostensione per celebrare nel modo più solenne l'Anno Santo Straordinario. Nel 1939 la Sindone venne trasferita, in gran segreto, nel Santuario di Montevergine, dove rimase per tutto il tempo del secondo conflitto mondiale fino al 1946.

La prima commissione ufficiale di studi sulla Sindone venne riunita nei giorni 16, 18 giugno del 1969 per volontà del cardinale Michele Pellegrino. In quell'occasione venne anche effettuata la prima fotografia a colori ad opera del fotografo Giovanni Battista Judica Cordiglia.

Il 23 novembre del 1973 ebbe luogo la prima ostensione televisiva, in tale occasione il criminologo svizzero Max Frei compì il prelievo dei pollini e vennero inoltre asportati alcuni fili per indagini ematologiche e merceologiche. Tra il 26 agosto e l'8 ottobre del 1978 vi fu una pubblica ostensione per celebrare il IV centenario del trasferimento della Sindone da Chambéry a Torino. Al termine dell' ostensione, la Sindone venne sottoposta a una serie di esami scientifici da parte di studiosi italiani e stranieri.

Nel 1983, con la morte di Umberto di Savoia, la Sindone passa per volontà testamentaria in proprietà della Santa Sede.

Il 21 aprile del 1988 vengono prelevati i campioni per procedere alla datazione con il C14; i risultati sono comunicati il 13 ottobre dello stesso anno: i tre laboratori incaricati della datazione assegnavano al tessuto sindonico un intervallo temporale compreso tra il 1260 e 1390. Il 7 settembre del 1992 ha luogo un'ostensione privata per procedere alla ricognizione del telo da parte di esperti invitati a suggerire iniziative e interventi idonei a garantire la miglior conservazione. Il 24 febbraio del 1993 la Sindone è temporaneamente trasferita dietro l'altare maggiore del Duomo per consentire i lavori di restauro della cappella guariniana.

Nella notte fra l'11 e il 12 aprile del 1997 la Cappella prende fuoco e la Sindone è salvata dal coraggioso intervento dei Vigili del Fuoco.

Il 25 giugno dello stesso anno viene disposta un'ostensione privata durante la quale la Sindone è fotografata e ripresa in modo televisivo con apparecchiature ad alta definizione.

La storia della Sindone antecedentemente la sua comparsa a Lirey non è facile da delineare. Ciò non significa che manchino notizie anteriori al XIV secolo; anzi, sono numerose quelle che raccontano, anche se in modo non continuativo, le vicende del lenzuolo in cui Gesù venne avvolto dopo la sua morte, ma non sempre è facile attribuire tali notizie alla Sindone che oggi noi possediamo. Sta di fatto però che essa è l'unico lenzuolo con tali precise caratteristiche che ci è pervenuto.

Le tracce, per quanto riguarda il periodo più antico, sono offerte da documenti, da resoconti dei cronisti e da racconti dei pellegrini che visitavano la Terra Santa. Per quanto riguarda l'immagine del volto, è certo che a Edessa, l'attuale Urfa, città situata nel tratto di Turchia sud-orientale prossimo alla Siria, fosse venerata un'immagine "acheropita", cioè non realizzata da mano umana, che mostrava il volto di Cristo. La leggenda vuole che Abgar V Ukama, re di Edessa all'epoca di Cristo, fosse malato e, saputo dell'esistenza di Gesù che operava miracoli, avesse mandato un suo archivista e pittore per riprenderne l'immagine. Il messaggero avrebbe dovuto osservare attentamente le sembianze di Cristo per riprodurle; sarebbe stato però lo stesso Gesù a dargli la sua immagine, asciugandosi il volto su un telo, più volte ripiegato. Quel panno, chiamato "mandylion", fu portato al re che lo venerò e fu guarito dalla sua malattia. Per il ritrovamento del mandylion bisogna attendere però il VI secolo; nel 525 il Daisan, corso d'acqua che attraversa Edessa, provocò un'inondazione distruggendo e danneggiando numerosi monumenti pubblici. In seguito alla ricostruzione voluta dal futuro imperatore Giustiniano, è probabile che sia avvenuto il ritrovamento del mandylion a cui fu destinata una piccola cappella. L'immagine non veniva comunque esposta ai fedeli ma conservata in un reliquiario. Le riproduzioni del mandylion giunte a noi mostrano sempre un rettangolo molto largo, al centro del quale è visibile il volto di un uomo, mentre intorno vi è una sorta di rete e ai bordi si scorgono impronte che richiamano frange di un tessuto. Si può formulare pertanto l'ipotesi che il mandylion fosse il telo sindonico ripiegato in modo tale da lasciare soltanto in vista il volto. Esistono due immagini che si ispirano a quella di Edessa; una è conservata nel Sancta Sanctorum a Roma e una nella chiesa di San Bartolomeo degli Armeni a Genova. L'immagine di Edessa viene trasferita poi intorno al 944 a Costantinopoli e qui è vista dai crociati durante la conquista ed il saccheggio della città nel 1203-1204. Importante a questo proposito è la testimonianza di Robert de Clary, un cavaliere francese, che descrive dettagliatamente luogo e modalità dell'esposizione al culto della Sindone, precisando che il lenzuolo era esposto in tutta la sua estensione e permetteva la visione completa del corpo.

Interessante documentazione parallela è offerta dall'arte cristiana che, a partire dal VI secolo, rappresenta il volto di Cristo secondo uno schema costante, con forti analogie con il volto sindonico: volti con barba e capelli lunghi - divisi alla sommità del capo, spesso completati da un ricciolo lasciato libero al centro della fronte - che quasi sempre mostrano un'asimmetria dovuta ad un gonfiore del volto stesso. Come esempio, la moneta bizantina del 692 riportata in figura 49 evidenzia le suddette caratteristiche. Su un'altra moneta bizantina, datata 869 d. C. (Fig.50) è rappresentata invece l'immagine di Cristo assiso in trono con un piede sottile e rivolto all'indietro rispetto all'altro; questa anomalia potrebbe essere collegata con l'interpretazione del particolare degli arti inferiori dell'uomo della Sindone, che mostra una gamba più corta dell'altra.

Fig. 49 - Moneta bizantina del 692 d.C.

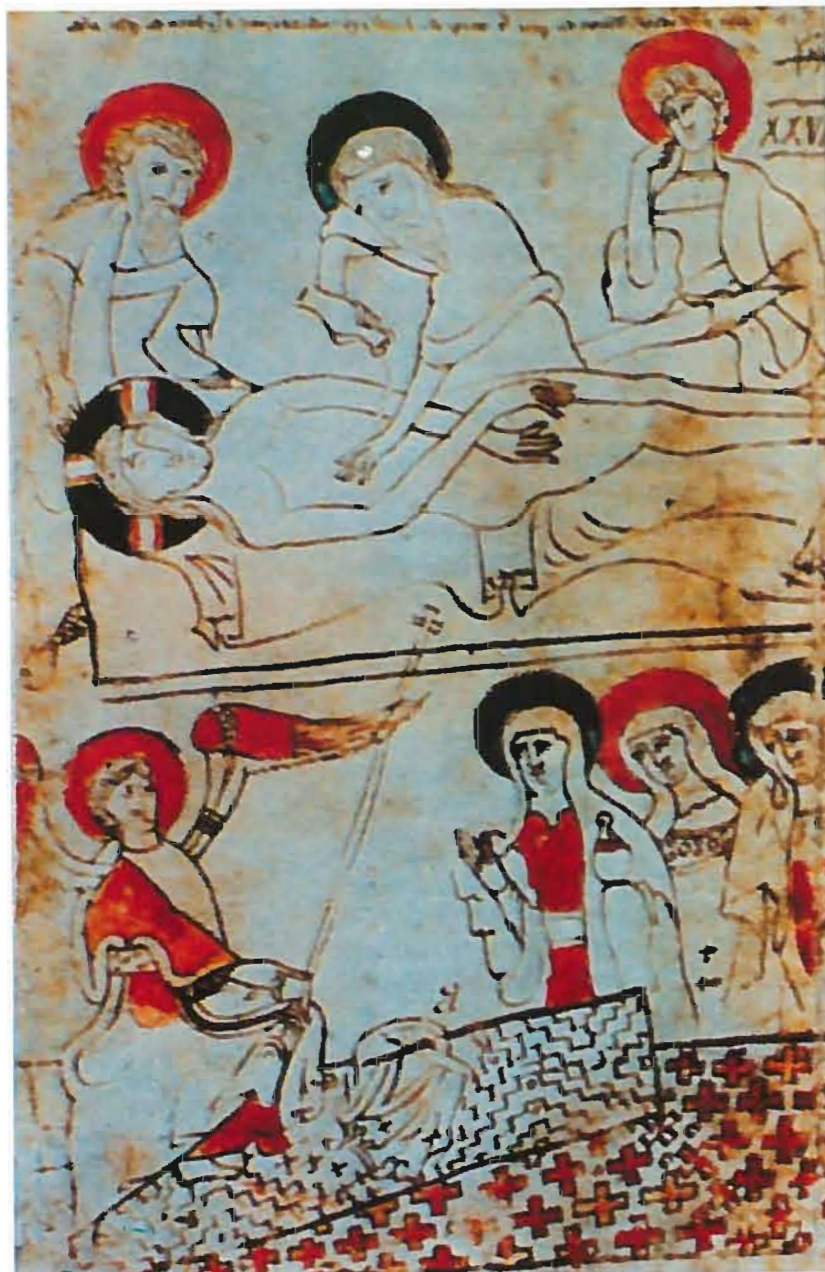
Un documento di notevole rilievo è una miniatura del manoscritto Pray di Budapest datato 1192-1195 (Fig.51): la scena è divisa in due parti: in quella superiore è raffigurata l'unzione di Gesù deposto dalla croce, mentre in quella sottostante è raffigurato l'arrivo delle donne al santo sepolcro trovato vuoto.

Fig. 50 - Moneta bizantina del 869 d.C.

Il cadavere di Gesù è rappresentato con il braccio destro sovrapposto al sinistro; le mani hanno solo quattro dita come sulla Sindone. Sotto il cadavere vi è un lungo lenzuolo, sorretto da Giuseppe d'Arimatea e Giovanni; questi sembrano in attesa di ribaltarlo al di sopra del corpo; Giovanni mostra chiaramente il pollice della mano sinistra. Nicodemo procede invece all'unzione del cadavere.

Nella scena sottostante si può osservare l'angelo che indica alle donne il telo spigato vuoto con forte richiamo alla struttura del telo sindonico; sono anche visibili una serie di piccoli cerchietti che richiamano

l'aspetto delle più antiche bruciature del lenzuolo, cioè quelle antecedenti l'incendio del 1532.
Queste bruciature sono rese evidenti da una copia della Sindone datata 1516 e attribuita al Dürer; in essa è ben evidente la serie doppiamente speculare di piccoli fori bruciacchiati tuttora visibili sul telo.

Fig. 51 - Manoscritto Pray

# Conclusioni

Le ricerche interdisciplinari condotte sulla Sindone permettono di asserire che non si tratti di un falso come è provato, con notevole incisività, dalle esperienze condotte per esempio sulla formazione dell'impronta e da quelle di tipo informatico. Siamo allora di fronte a un oggetto che dal punto di vista scientifico contiene stimolanti spunti di ricerca e che fa discutere, anche sulla base di continui ritrovamenti di notizie storiche, sulla possibilità che si tratti dell'effettivo telo funerario che ha avvolto il corpo di Gesù. Quali sono le certezze finora emerse dallo studio della Sindone? Eccole:

- la struttura è tipica dei teli funerari ebraici provenienti dall'area palestinese;
- l'impronta è quella di un uomo morto per crocifissione, come è possibile dedurre riferendoci alle scoperte storico-archeologiche della crocifissione romana del I secolo;
- l'immagine non è un dipinto, ha proprietà di negatività e presenta contenuto tridimensionale;
- i pollini ritrovati sul telo sono tipici di piante dell'area palestinese;
- il sangue è di tipo umano e diversificato in venoso, arterioso e cadaverico;
- l'immagine non presenta segni di putrefazione per cui il cadavere è stato avvolto nel telo per un periodo non superiore alle 36 ore.

La datazione radiocarbonica, invece, con i documentati dubbi di affidabilità, la relega nel medioevo.
È difficile allora porre la parola fine: l'indagine continua.





# Bibliografia


- Alfano G.B.: *Sull'autenticità della Santa Sindone di Torino*, "Rivista di Scienza e Lettere", Napoli, 1933, pagg. 10-12.

- Ashe G.: *What sort of picture? An Experimental Clue to the Nature of the Body-Impressions*, "Sindon", Quad. n° 10, 1966, pagg. 15-19.

- Baima Bollone P.L.: *Rilievi e considerazioni medico-legali sulla genesi delle impronte della Sindone*. "Sindon", Quad. n° 25, 1977, pagg.10-16.

- Baima Bollone P.L., Gaglio A.: *Demonstration of Blood, Aloes and Mirrh on the Holy Shroud with Immunofluorescence Techniques*, "Shroud Spectrum International" n° 13, 1984, pagg.3-8.

- Baima Bollone P. L.: *Sindone o no*, Ed. SEI, Torino, 1993.

- Balossino N.,Tamburelli G.: *La datazione della Sindone e l'impronta della monetina*, "Atti del V Convegno nazionale di studi sulla Sindone", Cagliari, maggio 1990.

- Balossino N.: *La ricerca informatica sull'immagine della Sindone*, "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno XLV, n° 1, Edizioni Nuova ERI, Torino 1996, pagg. 1-11.

- Balossino N.: *L' immagine della Sindone*, Editrice Elle Di Ci, Torino, 1997.

- Barberis B., Savarino P.: *Sindone, radiodatazione e calcolo delle probabilità*, "Editrice Elle Di Ci", Torino 1997.

- De Gail P.: *Le Visage de JÈsus-Christ et son Linceul*, Ed. France Empire, Parigi 1972; cap. V.

- Delage Y.: *Le linceul de Turin*, "Revue Scientifique" serie IV, vol. 17 (1902), pag. 683-687.

- Dubarle A. M.: *Histoire ancienne du linceul de Turin, jusq' au XIII siécle*, Paris 1985.

- Enrie G.: *La Santa Sindone rivelata dalla fotografia*, Ed. SEI, Torino, 1933.

- Filas F. L.: *The identification of Pilate coins on the Shroud*, "Sindon", dicembre 1983, pp.65-73.

- Frei M.: *Note a seguito dei primi studi sui prelievi di polveri aderenti al lenzuolo della S. Sindone*. "Sindon". 23: 5-9,1976.

- Frei M.: *Il passato della Sindone alla luce della palinologia*. "La Sindone e la scienza. Bilanci e programmi.". Atti del II Congresso Internazionale di Sindonologia, Torino,1978, pp. 191- 200. 370-383. Edizioni Paoline, Leinì, 1979.

- Frei M.: *Identificazione e classificazione dei nuovi pollini della Sindone*. "La Sindone, Scienza e Fede" Atti del II. Congresso Nazionale di Sindonologia, Bologna, 1981 .pp. 277-284. Editrice CLUEB, Bologna, 1983.

- Frei M.: *Nine years of Palynological st-ldies on the Shroud*. "Shroud Spectrum International", 3:3-7, 1982.

- Frei M. (dalle ricerche di): *I pollini della Sindone*. "La Sindone. La Storia. La Scienza", pp. i 15-118. e tavole XXXII-XXXV, Centro Internazionale di Sindonologia, Torino, 1986.

- Gallino R.: *Sul problema del "ringiovanimento" del tessuto sindonico con la datazione al radio-carbonio*, "Sindon", 1, 71, 1989.

- Intrigillo G.: *Rilievi sugli aloni di acqua presenti sulla Sindone e tentativi di riprodurre sul lino immagini negative simili al volto sindonico*, "La Sindone Scienza e Fede", Edizioni CLUEB, Bologna, 1983, pagg. 349-355.

- Jackson J., Jumper E.J., Mottern B., Stevenson K. E.: *The three dimensional image on Jesu' s burial cloth*, "Proc. U.S. Conf.Shroud of Turin, Albuquerque", NM, march 1977, pagg. 74-94.

- Judica Cordiglia G.: *Ricerche ed esperienze sulla genesi delle impronte della Santa Sindone*, "La

Santa Sindone nelle ricerche moderne", L.I.C.E., Torino, 1941, pagg.37-39.

- Judica Cordiglia G.b.: *Ipotesi e nuovi esperimenti sulla genesi delle impronte sulla Sindone*, "Atti I Convegno Internazionale di Studio Roma e Torino", 1950, riedizione anastatica Marietti, Torino, 1980, pagg.23-25.

- Judica Cordiglia G.B.: *La Sindone immagine elettrostatica?*, "La Sindone, Nuovi Studi e Ricerche", Edizioni Paoline, Milano, 1984, pagg.313-327.

- Lorre J.J., and Lynn D.J.: *Digital enhancement of images of the Shroud of Turin*, "Proc. U.S. Conf. Shroud of Turin, Albuquerque, NM", march 1977, pagg. 154-181.

- Kouznetsov D. A., Ivanov A. A., Veletsky P.R.: *Effects of fires and biofractonation of carbon isotopes on results of radiocarbon dating of textiles: the Shroud of Turin*, "Journal of Archaeological Science", 23, 109, 1996.

- Kouznetsov D. A., Ivanov A. A., Veletsky P.R.: *Analysis of cellulose chemical modification: a potentially promising technique for characterizing cellulose archaeological textiles*, "Journal of Archaeological Science", 23, 23, 1996.

- Milanesio A., Siracusa S., Zacà S.: *Un'immagine inspiegabile*, Editrice Elle Di Ci, Torino, 1997.

- Moretto G.: *Sindone, la guida*, Editrice Elle Di Ci, Torino 1996.

- Moroni M.: *La Sindone indagini scientifiche*, Edizioni Paoline, Milano, pagg. 142-185, 1988.

- Pesce Delfino V.: *E l'uomo creò la Sindone*, Edizioni Dedalo, Bari 1982.

- Petrosillo O., Marinelli E.: *La Sindone: storia di un enigma*, Rizzoli, Milano, 1998.

- Rodante S.: *Il sudore di sangue e le impronte della Sindone*, "Sindon", Quad n°21, pagg.6-17. 1975.

- Rodante S.: *Mixturam myrrae et aloes, in soluzione? Rilievi di semeiotica sindonica*, "La Sindone e la Scienza", Edizioni Paoline, pagg.419-423, Milano, 1978.

- Rodante S.: *La formazione dell'Immagine Sindonica*, "La Sindone, la Storia, la Scienza", Edizioni Centrostampa, Leinì 1986, pagg.161-172.

- Rodante S.: *La realtà della Sindone*. Massimo, Milano,1987.

- Romanese R., *Contributo sperimentale allo studio della genesi delle impronte della Santa Sindone*, "La Santa Sindone nelle ricerche moderne", L.I.C.E., Torino, 1941, pagg.51-61.

- Scannerini S., Caramiello R.: *Il problema dei pollini*, "Sindon" (Nuova Serie) 1: 107-111, 1989.

- Tamburelli G.: *Studio della Sindone mediante il calcolatore elettronico*, "L'Elettronica", n.12 vol. LXX, 1983, pagg.1135-1149.

- Tamburelli G., Balossino N.: *Ulteriori sviluppi nella elaborazione elettronica del volto sindonico*, "Atti del IV Congresso Nazionale di Studi sulla Sindone", Siracusa, ottobre 1987.

- Vignon P.: *Le linceul du Christ*, Ed. Masson, Parigi 1902.

- Vignon P.: *Le Saint Suaire de Turin devant la science, l' archéologie, l' histoire, l' iconographie, la logique*, Ed. Masson, Parigi, 1938.

- Volkringer J.: *Le Saint Suaire de Turin. Le probléme des empreintes devant la science*, Parigi 1942.

- Volkringer J.: *Contribution à l' étude des empreintes du Saint Suaire de Turin*, "Salesianum 14", 1952, pagg.153-156.

- Whanger A.D.: *Polarized image overlay technique: a new image comparison method and its applications*, "Applied Optics", n° 6, 1985, pagg. 766-772.

- Wilson J.: *The Turin Shroud*, Londra, 1978.

- Zaccone G.M.: *Sulle tracce della Sindone*, Editrice Elle Di Ci, Torino 1997.

- Zeuli T.: *Gesù Cristo è l'uomo della Sindone*, "Sindon", n. 32, 1983, pag. 9-14.